

**Desarrollo de una alarma vehicular de bloqueo automático mediante conexión Bluetooth
por proximidad**

Oveimar Gómez Moreno

Asesor

Mg. Edison Andrés Arteaga

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnológicas e Ingeniería
Programa de Ingeniería Electrónica

2026

Nota de Aceptación

Nombre Director de Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Resumen

En Colombia, el hurto de vehículos es una problemática urbana de alto impacto, especialmente en ciudades principales, afectando hasta el 6,8% de los propietarios. Si bien los sistemas tradicionales de seguridad resultan insuficientes frente a técnicas delictivas modernas, las soluciones avanzadas como GPS son efectivas, pero poco accesibles por sus altos costos. Aunque los sistemas con microcontroladores mejoran el control, presentan limitaciones como consumo energético, fallos de software e interferencias. Por ello, surge la necesidad de una solución más simple, económica y confiable basada en tecnología Bluetooth y lógica electrónica de hardware. El objetivo de esta investigación es desarrollar un prototipo de seguridad vehicular que, mediante tecnología Bluetooth estándar, permita el bloqueo automático del sistema de encendido del vehículo al detectar la ausencia del dispositivo móvil autorizado del conductor, con el fin de prevenir robos por descuido o acceso no autorizado en el contexto urbano colombiano. El proyecto se desarrolló en tres fases: análisis de requerimientos, diseño e implementación del prototipo, y pruebas de funcionamiento en laboratorio y campo. Cada fase permitió definir, construir y validar un sistema de alarma vehicular basado en Bluetooth. Como resultado, se obtuvo un prototipo funcional con conexión Bluetooth estable, tiempo de respuesta menor a un segundo y alcance operativo adecuado. Las pruebas en laboratorio y campo confirmaron su funcionamiento confiable en motocicletas y automóviles. Como conclusión, se comprobó la viabilidad técnica del sistema como alternativa de bajo costo para la seguridad vehicular mediante bloqueo por proximidad. El uso de Bluetooth permitió un sistema estable, eficiente y aplicable en contextos urbanos reales.

Palabras clave: alarma inteligente, seguridad vehicular, Bluetooth, bloqueo automático, proximidad, hurto vehicular.

Abstract

In Colombia, vehicle theft is a high-impact urban problem, particularly in major cities, affecting up to 6.8% of vehicle owners. Traditional security systems prove inadequate against modern criminal techniques, while advanced solutions such as GPS are effective but inaccessible due to their high costs. Although systems using microcontrollers improve control, they have limitations such as power consumption, software failures, and interference. Therefore, there is a need for a simpler, more economical, and reliable solution based on Bluetooth technology and hardware-based electronic logic. The objective of this research is to develop a vehicle security prototype that, using standard Bluetooth technology, automatically locks the vehicle's ignition system upon detecting the absence of the driver's authorized mobile device, in order to prevent theft due to carelessness or unauthorized access in the Colombian urban context. The project was carried out in three phases: requirements analysis, prototype design and implementation, and laboratory and field testing. Each phase enabled the definition, construction, and validation of a Bluetooth-based vehicle alarm system. As a result, a functional prototype was developed with a stable Bluetooth connection, a response time of less than one second, and adequate operational range. Laboratory and field tests confirmed its reliable performance on motorcycles and in cars. In conclusion, the technical feasibility of the system as a low-cost alternative for vehicle security through proximity-based locking was demonstrated. The use of Bluetooth enabled a stable, efficient system that is applicable in real-world urban settings.

Keywords: smart alarm, vehicle security, Bluetooth, automatic locking, proximity, vehicle theft.

Tabla de Contenido

Introducción.....	12
Planteamiento del Problema	14
Objetivos.....	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
Justificación.....	17
Marco Referencial.....	19
Antecedentes / Estado del Arte.....	19
Marco Conceptual	22
Seguridad Vehicular	22
Sistemas de Alarma Vehicular	23
Tecnología Bluetooth y Bluetooth Low Energy	23
Proximidad y Autenticación	24
Lógica de Control en Hardware (Reemplazo de Sistemas Embebidos)	24
Módulos Bluetooth y Dispositivos Móviles Como Llaves Digitales.....	25
Metodología.....	26
Enfoque Metodológico	26
Fase 1. Requerimientos Técnicos y Funcionales.....	27
Revisión del Estado del Arte y Análisis del Mercado.....	28
Diseño y Aplicación de Instrumentos	31
Resultados de las Encuestas Aplicadas	33
Identificación de Requerimientos del Sistema	35

Criterios de Diseño del Sistema.....	37
Conclusión de la Fase.....	38
Fase 2. Desarrollo de un Prototipo Funcional.....	38
A. Subfase Diseño.....	40
B. Subfase Selección.....	49
Cálculos Matemáticos y Análisis Eléctrico del Sistema de Alarma Vehicular Controlada por Bluetooth.....	64
Justificación del Uso del Módulo Bluetooth con Chip YC1089.....	69
Seguridad y Vulnerabilidad del Sistema.....	70
Funcionamiento General del Circuito.....	72
Especificaciones Técnicas del Sistema.....	73
C. Subfase Implementación.....	75
Fase 3. Pruebas de Funcionamiento.....	84
Pruebas de Laboratorio.....	84
Resultados de Pruebas de Laboratorio.....	87
Pruebas en Campo.....	88
Resultados de Pruebas en Campo.....	90
Análisis del Comportamiento por Distancia (Histéresis).....	93
Conclusión de la Fase.....	93
Análisis de Viabilidad del Sistema.....	94
Ventajas del Sistema.....	94
Limitaciones Identificadas.....	94
Concurrencia de Conexiones Bluetooth y Limitaciones del Dispositivo Móvil.....	94

Seguridad Eléctrica y Protección del Sistema	95
Evaluación General del Desempeño	96
Diagrama de Gantt (Cronograma de Actividades)	97
Presupuesto	97
Resultados y Discusión	99
Resultados o Productos Esperados	101
Conclusiones y Recomendaciones	103
Referencias	105

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Diagrama de Bloques</i>	42
Figura 2 <i>Bloques del Sistema</i>	43
Figura 3 <i>Diagrama Esquemático y Etapas de Funcionamiento del Sistema de Alarma Bluetooth Vehicular</i>	47
Figura 4 <i>Módulo Bluetooth HC-05 Utilizado para el Desarrollo del Sistema de Alarma Vehicular</i>	52
Figura 5 <i>Transistor NPN TIP31C Utilizado para la Conmutación en el Sistema de Alarma Vehicular</i>	52
Figura 6 <i>Transistores NPN y PNP Utilizados para Conmutación y Control de Cargas en el Sistema de Alarma Vehicular</i>	54
Figura 7 <i>Relé de 12 V y 5 Pines Utilizado para el Control de Cargas en el Sistema de Alarma Vehicular</i>	55
Figura 8 <i>Relé Vehicular de 12 V y 5 Pines con Arnés para Control de Cargas en Sistemas Automotrices</i>	56
Figura 9 <i>Resistencias Utilizadas para el Control de Corriente en el Sistema de Alarma Vehicular</i>	57
Figura 10 <i>Interruptor Basculante ON–OFF Utilizado para el Control Manual del Circuito</i>	57
Figura 11 <i>LED Utilizado como Indicador Visual en el Sistema de Alarma Vehicular</i>	58
Figura 12 <i>LDR (Fotorresistencia) Utilizada para Detección de Variación Lumínica en el Sistema</i>	59
Figura 13 <i>Diodo Rectificador Utilizado en el Sistema de Alarma Vehicular</i>	59
Figura 14 <i>Bornera de Tornillo para PCB Utilizada en el Sistema de Alarma Vehicular</i>	60

Figura 15 <i>Pila CR2032 Tipo Botón Utilizada en el Sistema</i>	61
Figura 16 <i>Portapila para Batería CR2032</i>	61
Figura 17 <i>Sirena de 12V DC Utilizada en el Sistema de Alarma Vehicular</i>	62
Figura 18 <i>Condensador Electrolítico de 680 μF y 16 V</i>	63
Figura 19 <i>Caja de Proyecto Plástica Pequeña Utilizada para Alojarse el Sistema de Alarma Vehicular</i>	63
Figura 20 <i>Ensamblaje del Prototipo del Sistema de Alarma Vehicular en Protoboard</i>	77
Figura 21 <i>Diseño de la PCB en Proteus: Ruteo de Pistas y Vista 3D del Ensamblaje</i>	79
Figura 22 <i>PCB Diseñada para la Integración del Sistema de Alarma Vehicular</i>	79
Figura 23 <i>Montaje del Circuito en Placa de Prueba (PCB Perforada)</i>	80
Figura 24 <i>Montaje Semi-Definitivo del Sistema en Placa de Prueba</i>	81
Figura 25 <i>PCB Definitiva Fabricada para el Sistema de Alarma Vehicular</i>	82
Figura 26 <i>Ensamblaje Final del Prototipo en Caja de Proyecto: Vista Interna del Módulo</i>	83
Figura 27 <i>Prototipo Terminado con Arnés de Conexión Listo para Instalación en Vehículo</i>	83
Figura 28 <i>Diagrama de Funcionamiento del Sistema Basado en Conexión y Desconexión Bluetooth</i>	86
Figura 29 <i>Instalación del Sistema en Motocicleta para Pruebas en Campo</i>	92
Figura 30 <i>Diagrama de Gantt del Desarrollo del Sistema de Alarma Vehicular</i>	97

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Resultados Estadísticos de las Encuestas Aplicadas</i>	34
Tabla 2 <i>Criterios de Diseño del Sistema</i>	37
Tabla 3 <i>Características de las Pruebas</i>	87
Tabla 4 <i>Resultados de Pruebas de Campo</i>	91
Tabla 5 <i>Tiempos de Prueba de Conexión y Desconexión del Sistema</i>	91
Tabla 6 <i>Comportamiento del Sistema según Distancia</i>	93
Tabla 7 <i>Recursos Necesarios para el Desarrollo del Sistema de Alarma Vehicular Mediante Tecnología Bluetooth</i>	98
Tabla 8 <i>Resultados o Productos Esperados del Proyecto</i>	102

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Encuesta Aplicada a Usuarios de Motocicletas</i>	111
---	-----

Introducción

En Colombia, la inseguridad asociada al hurto de vehículos se ha convertido en un problema de alto impacto social, exacerbada especialmente en zonas urbanas que experimentan una alta densidad poblacional y un crecimiento acelerado del parque automotor. De acuerdo con la Encuesta de Convivencia y Seguridad Ciudadana (ECSC) publicada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2021), ciudades como Bogotá, Cali y Pasto presentan una de las mayores incidencias de este delito, afectando hasta al 6.8 % de la población propietaria de automotores. Esta situación genera repercusiones económicas, obstaculiza la movilidad ciudadana y genera una percepción de vulnerabilidad al utilizar el transporte privado.

Ante este panorama, los usuarios suelen recurrir a sistemas básicos de seguridad vehicular, tales como alarmas sonoras, cerraduras mecánicas, bloqueos de volante, inmovilizadores de ruedas y llaves codificadas. Sin embargo, la efectividad de estas contramedidas ha sido ampliamente superada por los métodos delictivos modernos, los cuales incluyen la manipulación física del cableado, la clonación de llaves, y el uso de inhibidores de señal (*jammers*) y desactivadores de sensores. Además, la propensión de estos sistemas convencionales a producir falsas alarmas disminuye significativamente su impacto disuasivo y, por ende, reduce su efectividad real de respuesta ante un evento de hurto (Corrales Bonilla et al., 2024).

Por otro lado, las tecnologías avanzadas como la geolocalización en tiempo real (GPS) y el seguimiento por satélite han demostrado ser sustancialmente más efectivas, alcanzando tasas de recuperación superiores al 90 % en algunos casos. No obstante, la adopción masiva de estas soluciones está severamente restringida por barreras económicas, ya que involucran altos costos de infraestructura de hardware, tarifas operacionales para el monitoreo continuo y el

mantenimiento de centros de control. Esto reduce su adaptabilidad al contexto socioeconómico local, marginando a la gran mayoría de los consumidores de estas alternativas de protección (Haider Abidi et al., 2024).

En la búsqueda de un punto intermedio, los sistemas de seguridad basados en proximidad que utilizan tecnología Bluetooth y Unidades Microcontroladoras (MCU), como Arduino o ESP32, se han documentado para el control de acceso vehicular (Mendez-Freire et al., 2024). Sin embargo, la incorporación de un MCU introduce desventajas arquitectónicas como el aumento en el consumo de corriente en estado de reposo, latencia de arranque, susceptibilidad a fallos de software (congelamiento de código) y vulnerabilidad a las interferencias electromagnéticas (EMI) propias de los entornos automotrices (Ramos-Sánchez et al., 2025).

Para superar estas limitaciones y ofrecer una solución verdaderamente accesible, esta investigación propone un cambio de paradigma hacia el diseño electrónico minimalista. Se presenta el diseño, modelado matemático y validación empírica de un sistema de inmovilización vehicular autónomo que prescinde por completo del uso de microcontroladores. Aprovechando el comportamiento determinista del estado de enlace de un módulo transceptor Bluetooth convencional y aislando la señal mediante un optoacoplador, se establece una lógica a nivel de hardware estricta y robusta.

A diferencia de las alternativas comerciales, esta arquitectura interrumpe automáticamente el circuito de ignición cuando el dispositivo móvil autorizado supera un umbral espacial predefinido y validado experimentalmente. De esta manera, actúa como una medida preventiva infalible, siendo una alternativa de bajo costo, alta eficiencia energética y fácil integración, diseñada específicamente para mitigar la crisis de seguridad vehicular en el contexto colombiano.

Planteamiento del Problema

El hurto de vehículos automotores se ha convertido en una de las problemáticas de mayor impacto social y económico en Colombia, presentándose con especial agudeza en zonas urbanas de alta densidad poblacional y acelerado crecimiento del parque automotor. Según la Encuesta de Convivencia y Seguridad Ciudadana (ECSC) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2021), ciudades principales como Bogotá, Cali y Pasto registran tasas de incidencia que afectan hasta al 6.8 % de la población propietaria de automotores. Esta situación no solo repercute negativamente en el patrimonio de los ciudadanos, sino que también genera una profunda sensación de inseguridad que desincentiva el uso del transporte privado y afecta directamente la movilidad urbana.

Para hacer frente a esta amenaza, el mercado colombiano ofrece predominantemente sistemas básicos de seguridad, tales como alarmas sonoras, cerraduras mecánicas, bloqueos de volante, inmovilizadores de ruedas y llaves codificadas. No obstante, la efectividad de estas contramedidas es marginal frente a las tácticas empleadas por la delincuencia contemporánea. Los perpetradores logran vulnerar estos mecanismos mediante la manipulación física del cableado, la duplicación de llaves, y el uso de bloqueadores de señales (jammers) o desactivadores de sensores. Adicionalmente, la alta propensión de las alarmas convencionales a emitir falsos positivos ha provocado una desensibilización en el entorno social, anulando su efecto disuasivo y reduciendo drásticamente su capacidad de respuesta efectiva ante un evento de hurto real (Corrales Bonilla et al., 2024).

Como contraparte, las soluciones tecnológicas de gama alta, como los sistemas de geolocalización en tiempo real (GPS) y el seguimiento satelital, han demostrado niveles de eficacia superiores, logrando tasas de recuperación que en algunos casos exceden el 90%. Sin

embargo, la implementación de estas alternativas está condicionada por barreras económicas significativas como los elevados costos iniciales de infraestructura de hardware, sumados a los gastos operativos recurrentes derivados de las tarifas de monitoreo y el mantenimiento de centros de control, siendo opciones inaccesibles para la gran mayoría de los consumidores locales (Montes, 2025).

Por otro lado, en el ámbito de las alternativas de bajo costo, los desarrollos recientes se han centrado en sistemas de proximidad controlados por microcontroladores (MCU), como Arduino. Si bien representan un avance, desde la perspectiva del diseño electrónico introducen vulnerabilidades críticas: un consumo energético ineficiente en estado de reposo (que puede descargar la batería del vehículo), latencia en el procesamiento, susceptibilidad a las interferencias electromagnéticas (EMI) propias del motor, y el riesgo latente de fallos a nivel de software, como el congelamiento del código (Hernández Vásquez et al., 2024).

Se evidencia, por lo tanto, una clara brecha tecnológica y comercial: los sistemas tradicionales son vulnerables, los sistemas avanzados son económicamente prohibitivos, y las alternativas basadas en MCU presentan deficiencias de confiabilidad a nivel de hardware. Frente a este escenario, surge la necesidad de desarrollar una arquitectura de seguridad que ofrezca un control de inmovilización estricto y autónomo, eliminando los puntos de falla mencionados.

A partir de la problemática expuesta, la presente investigación plantea la siguiente pregunta problema: ¿Cómo diseñar e implementar un sistema de inmovilización vehicular de bajo costo y alta fiabilidad, basado en detección de proximidad Bluetooth, que opere de manera autónoma mediante una arquitectura lógica de hardware puro (sin el uso de microcontroladores) para superar las vulnerabilidades de las alarmas convencionales y garantizar la protección del automotor en el contexto urbano colombiano?

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un prototipo de seguridad vehicular que, mediante tecnología Bluetooth estándar, permita el bloqueo automático del sistema de encendido del vehículo al detectar la ausencia del dispositivo móvil autorizado del conductor, con el fin de prevenir robos por descuido o acceso no autorizado en el contexto urbano colombiano.

Objetivos Específicos

Analizar los requerimientos técnicos y funcionales necesarios para el desarrollo de un sistema de seguridad vehicular basado en tecnología Bluetooth.

Desarrollar un prototipo funcional del sistema que permita el emparejamiento seguro con un dispositivo móvil autorizado y la activación o desactivación automática del bloqueo del vehículo.

Realizar pruebas de funcionamiento para evaluar el funcionamiento del sistema frente a distintas distancias, interferencias y condiciones de operación.

Justificación

El desarrollo e implementación del sistema de inmovilización vehicular propuesto se justifica, en primer lugar, por la creciente necesidad de fortalecer la seguridad ciudadana y proteger el patrimonio económico frente al aumento sostenido del hurto automotor. Según reportes de la Fiscalía General de la Nación (2023), durante el año 2022 se registraron más de diez mil casos de robo de vehículos en Colombia, consolidándose como uno de los delitos de mayor impacto a nivel nacional. Esta problemática resulta aún más crítica en el caso de las motocicletas, debido a su alta circulación y vulnerabilidad. En contextos locales como el departamento del Cauca, la situación es particularmente preocupante; de acuerdo con la Alcaldía de Popayán (2025), se reportaron 246 hurtos durante el mes de enero del año 2025 en la ciudad de Popayán. Esta situación no solo afecta a los propietarios, sino que también facilita la comisión de otros delitos, evidenciando la limitada efectividad de los sistemas de seguridad tradicionales y la necesidad de soluciones más eficientes y accesibles.

Desde una perspectiva técnica, el proyecto se justifica al abordar las limitaciones estructurales de las soluciones comerciales existentes. Investigaciones como la de Barajas Palacios y Manrique Mariño (2024), evidencian que los sistemas convencionales de seguridad vehicular, tales como alarmas electrónicas, cerraduras mecánicas y dispositivos de rastreo, presentan vulnerabilidades significativas frente a técnicas de manipulación, interferencia de señal o desconexión directa del sistema eléctrico. Aunque los sistemas de geolocalización ofrecen mayores niveles de seguridad, su alto costo de implementación y mantenimiento restringe su acceso a una gran parte de la población, especialmente en contextos de ingresos medios y bajos.

Finalmente, la justificación tecnológica del proyecto radica en la implementación de un enfoque innovador basado en detección de proximidad mediante tecnología Bluetooth,

combinado con una arquitectura electrónica de hardware puro. A diferencia de los sistemas convencionales que dependen de microcontroladores y programación, la propuesta se fundamenta en el aprovechamiento directo del estado de enlace del módulo Bluetooth como señal de control, permitiendo la activación o desactivación del sistema de encendido del vehículo mediante lógica cableada. Este enfoque reduce la complejidad del sistema, disminuye el consumo energético y elimina vulnerabilidades asociadas a fallos de software.

De acuerdo con Al-Fuqaha et al. (2015), las tecnologías de comunicación inalámbrica de corto alcance ofrecen ventajas como bajo consumo, bajo costo y facilidad de integración, características que, al ser combinadas con un diseño electrónico minimalista, permiten desarrollar una solución robusta, confiable y económicamente accesible. En este sentido, el sistema propuesto representa una alternativa viable y adaptada a las condiciones del contexto urbano colombiano, contribuyendo a la democratización de tecnologías de seguridad vehicular

Marco Referencial

Antecedentes / Estado del Arte

El robo de automóviles y motocicletas se ha convertido en uno de los delitos más recurrentes en las principales ciudades y municipios de tamaño mediano de Colombia. Aunque existen intentos institucionales de prevención y control de este fenómeno, los informes emitidos por la Policía Nacional de Colombia (2025) evidencian un aumento consistente en los últimos años. Esta situación se ve favorecida por la facilidad con la que los delincuentes pueden eludir las medidas de seguridad convencionales, la falta de vigilancia en algunas áreas urbanas y rurales, el comercio ilícito de autopartes y el bajo uso de tecnologías avanzadas de seguridad en los vehículos de la sociedad colombiana.

Actualmente, los sistemas de protección vehicular más utilizados se pueden clasificar en las siguientes categorías:

Alarmas sonoras tradicionales: Estos sistemas incorporan sensores de vibración, apertura o movimiento que emiten una alerta acústica ante intentos de manipulación del vehículo. En promedio, su costo se encuentra entre 100.000 y 300.000 COP; sin embargo, su principal limitación es la facilidad con la que pueden ser neutralizados mediante la desconexión directa de la batería o el corte de cableado, así como su baja efectividad en entornos urbanos ruidosos, donde el sonido puede pasar desapercibido (Hernández Vásquez et al., 2024).

Cierres centralizados e inmovilizadores electrónicos: integran mecanismos eléctricos que bloquean el encendido del automóvil si no se detecta la llave original o una señal de autorización válida. Estos sistemas ofrecen un nivel intermedio de seguridad; sin embargo, son vulnerables a la clonación de llaves o al hackeo de señales RFID. Su costo de instalación varía entre 250.000 y

600.000 COP, dependiendo del tipo de vehículo y del sistema utilizado (Hernández Vásquez et al., 2024).

Localizadores GPS (Sistema de Posicionamiento Global): proporcionan la capacidad de localizar un vehículo en tiempo real a través de redes satelitales o móviles GSM. A pesar de que su efectividad para la recuperación de vehículos robados es alta, su funcionamiento depende de la cobertura del operador y requiere el pago de suscripciones mensuales, que pueden oscilar entre 30.000 y 70.000 COP (Hernández Vásquez et al., 2024).

Los sistemas tecnológicos mencionados pueden ser vulnerables a interferencias mediante dispositivos conocidos como *jammers*, los cuales bloquean señales GPS y GSM, reduciendo su confiabilidad en situaciones de hurto. En general, estos sistemas comparten una limitación estructural: la dependencia de canales de comunicación externos o de infraestructura que puede ser interferida, bloqueada o desactivada. Adicionalmente, los costos de mantenimiento y operación limitan su acceso a sectores socioeconómicos medios y bajos.

Ante este panorama, surge la necesidad de investigar y desarrollar soluciones basadas en tecnologías de comunicación inalámbrica de corto alcance, particularmente Bluetooth, debido a su bajo consumo energético, facilidad de integración en sistemas electrónicos y compatibilidad con dispositivos móviles. En el estudio realizado por Al-Fuqaha et al. (2015), se menciona que la tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) destaca por su baja latencia, lo que la convierte en una alternativa confiable para el desarrollo de sistemas de seguridad.

Diversos prototipos académicos han explorado el uso de Bluetooth en sistemas de seguridad vehicular. En la construcción de un sistema basado en Arduino y el módulo HC-05, Casas Romero et al. (2024) señalan que es posible impedir el encendido del vehículo cuando el dispositivo móvil autorizado no se encuentra presente. Los resultados fueron positivos, aunque se

identificaron limitaciones asociadas a la estabilidad de la conexión en Bluetooth *Classic*. De manera similar, Cabañas Pito (2022) aplicaron esta tecnología en motocicletas, combinando sensores de proximidad y relés, demostrando la viabilidad de controlar el encendido y apagado del motor en función de la proximidad del usuario.

Otros avances, como el de Guevara López et al. (2024), incorporaron aplicaciones móviles que se comunican con el vehículo a través de Bluetooth, permitiendo al usuario controlar funciones básicas y recibir alertas, lo que evidencia el potencial de los teléfonos inteligentes como mecanismos de autenticación y control en sistemas de seguridad vehicular.

A nivel internacional, el estudio de Torrado et al. (2025) presenta la integración del Internet de las Cosas (IoT) en la seguridad vehicular, combinando sensores y comunicación inalámbrica para facilitar respuestas inmediatas ante intentos de acceso no autorizado. Asimismo, la patente estadounidense US20170164192A1 (2017) describe un sistema basado en Bluetooth Low Energy y credenciales encriptadas para el desbloqueo y arranque seguro del vehículo, lo que refuerza la importancia de implementar mecanismos de autenticación robustos.

Investigaciones recientes destacan que Bluetooth Low Energy (BLE) presenta ventajas frente a Bluetooth clásico, tales como menor consumo energético, mayor estabilidad en la conexión y alcances de hasta 50 metros en condiciones óptimas (Narváez Pupiales et al., 2023). Estas características lo hacen adecuado para aplicaciones de seguridad y monitoreo vehicular.

No obstante, estas tecnologías también pueden ser vulnerables a ataques como relay y spoofing, los cuales pueden comprometer la seguridad si no se implementan mecanismos adecuados de autenticación y encriptación (Marmolejo-Corona et al., 2023). En el caso del módulo Bluetooth basado en el chip YC1089, se emplea un proceso de emparejamiento mediante

clave de acceso, lo que restringe la conexión a dispositivos previamente autorizados y reduce el riesgo de accesos no autorizados.

A diferencia de los enfoques tradicionales que dependen de microcontroladores y procesamiento digital, el presente proyecto propone una arquitectura basada en lógica de hardware puro, en la cual el estado de conexión del módulo Bluetooth se utiliza directamente como señal de control para la activación o desactivación del sistema de encendido. Este enfoque permite reducir la complejidad del sistema, minimizar el consumo energético y disminuir las vulnerabilidades asociadas a fallos de software o ataques dirigidos a sistemas programables.

En este sentido, tanto Bluetooth estándar como Bluetooth Low Energy representan alternativas viables para sistemas de seguridad vehicular. No obstante, BLE se posiciona como una opción más eficiente debido a su bajo consumo energético, mayor estabilidad y mejor desempeño en entornos urbanos. La integración de estas tecnologías con un diseño electrónico simplificado y autónomo permite desarrollar soluciones de seguridad más accesibles, robustas y adaptadas al contexto colombiano.

Marco Conceptual

El desarrollo de un sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth requiere la comprensión de conceptos fundamentales asociados a la seguridad vehicular, los sistemas electrónicos de protección, la comunicación inalámbrica de corto alcance y la lógica de control basada en hardware. Estos conceptos constituyen la base teórica que sustenta el diseño, implementación y validación del prototipo propuesto.

Seguridad Vehicular

La seguridad vehicular se define como el conjunto de medidas tecnológicas, normativas y procedimentales orientadas a proteger tanto a los ocupantes como al vehículo frente a accidentes

y accesos no autorizados. Tradicionalmente, se clasifica en seguridad activa, enfocada en la prevención de incidentes mediante sistemas de asistencia y control, y seguridad pasiva, destinada a reducir las consecuencias de un siniestro una vez ocurrido (Fundación Aleatica, 2024). En el contexto de este proyecto, la seguridad activa adquiere especial relevancia, al abordarse desde la prevención del hurto mediante mecanismos electrónicos de control y bloqueo del vehículo.

Sistemas de Alarma Vehicular

Los sistemas de alarma vehicular constituyen un subsistema electrónico diseñado para la protección de automotores frente a intentos de robo o acceso no autorizado. A lo largo del tiempo, estos sistemas han evolucionado desde alarmas acústicas básicas hasta soluciones más avanzadas que integran inmovilizadores electrónicos, sensores inteligentes, comunicación inalámbrica y rastreo satelital (Checa Cabrera et al., 2021). Su función principal consiste en detectar eventos anómalos, alertar al propietario y, en algunos casos, impedir el funcionamiento del vehículo mediante el bloqueo del sistema de encendido.

Tecnología Bluetooth y Bluetooth Low Energy

El Bluetooth es un protocolo de comunicación inalámbrica de corto alcance que opera en la banda ISM de 2,4 GHz y permite el intercambio de datos entre dispositivos electrónicos cercanos sin necesidad de conexión a internet (Bluetooth SIG, 2022). Su adopción masiva en dispositivos móviles lo convierte en una tecnología ampliamente disponible para aplicaciones de control y seguridad.

Bluetooth Low Energy (BLE) es una versión optimizada del estándar Bluetooth, diseñada para aplicaciones que requieren bajo consumo energético y transmisión periódica de pequeñas cantidades de datos. Entre sus principales características se destacan:

- Bajo consumo de energía

- Tiempos de respuesta reducidos
- Estabilidad de conexión y facilidad de integración con dispositivos electrónicos

(López & García, 2020).

En comparación con sistemas tradicionales, el uso de BLE permite desarrollar sistemas de seguridad más eficientes, autónomos y con menor impacto energético, funcionando como una “llave digital” basada en proximidad.

Si bien el enfoque teórico del proyecto se fundamenta en BLE, la implementación práctica del prototipo se realizó mediante un módulo Bluetooth clásico (HC-05 basado en el chip YC1089), debido a su disponibilidad, estabilidad y facilidad de integración en sistemas electrónicos discretos. Esta elección no afecta el principio de funcionamiento del sistema, el cual se basa en la detección del estado de conexión como mecanismo de control.

Proximidad y Autenticación

El principio de proximidad se fundamenta en la activación o desactivación de un sistema en función de la distancia entre el usuario autorizado y el dispositivo protegido. En sistemas basados en Bluetooth, esta proximidad puede inferirse a partir de la presencia o ausencia del enlace de conexión, lo cual permite determinar si el usuario se encuentra dentro o fuera del rango operativo (Cui et al., 2019). La autenticación constituye un elemento esencial en este tipo de sistemas, ya que garantiza que únicamente los dispositivos previamente emparejados puedan interactuar con el sistema de alarma. La combinación de autenticación y proximidad reduce significativamente el riesgo de accesos no autorizados o suplantación de identidad.

Lógica de Control en Hardware (Reemplazo de Sistemas Embebidos)

En lugar de emplear microcontroladores o sistemas programables, el presente proyecto se fundamenta en una arquitectura de control basada en hardware puro. Este enfoque utiliza

directamente señales eléctricas provenientes del módulo Bluetooth, como el estado de conexión, para accionar etapas de conmutación mediante transistores y relés (Ad Hoc Networks, 2016).

La lógica de funcionamiento se implementa a través de conexiones físicas y comportamiento eléctrico de los componentes, lo que permite un sistema determinista, sin dependencia de software ni procesamiento digital. Este tipo de diseño reduce la complejidad, mejora la confiabilidad operativa y elimina vulnerabilidades asociadas a fallos de programación (Ad Hoc Networks, 2016).

Módulos Bluetooth y Dispositivos Móviles Como Llaves Digitales

Los módulos Bluetooth permiten establecer la comunicación inalámbrica entre el sistema electrónico y el dispositivo móvil del usuario. En este tipo de aplicaciones, el teléfono inteligente cumple el rol de mecanismo de autenticación, aprovechando su portabilidad y uso cotidiano.

En el sistema propuesto, el dispositivo móvil actúa como una llave digital, cuya presencia se traduce en un estado de conexión Bluetooth activo. Este estado es utilizado directamente por el circuito electrónico como señal de habilitación o bloqueo del sistema de encendido del vehículo. El uso del smartphone como llave digital elimina la necesidad de elementos físicos adicionales, reduce riesgos de duplicación y mejora la experiencia del usuario al integrar la seguridad en un dispositivo de uso cotidiano (Gómez & Rojas, 2021).

De este modo, los conceptos desarrollados en este marco conceptual sustentan el diseño del sistema de alarma vehicular propuesto, integrando principios de seguridad electrónica, comunicación inalámbrica y control basado en hardware, con el fin de ofrecer una solución eficiente, confiable y adaptada a las necesidades del contexto colombiano.

Metodología

Enfoque Metodológico

La metodología del proyecto se estructura en tres fases principales, alineadas con los objetivos específicos definidos: análisis de requerimientos, diseño y desarrollo del prototipo, y validación del sistema de alarma vehicular mediante tecnología Bluetooth. Cada fase contempla actividades específicas, productos esperados y criterios de evaluación que permiten verificar el cumplimiento de los objetivos planteados, garantizando un proceso ordenado, sistemático y replicable.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se enmarca en un enfoque aplicado con un diseño de tipo no experimental y de alcance descriptivo–tecnológico. De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), los estudios no experimentales se caracterizan por observar los fenómenos en su contexto natural sin manipular deliberadamente las variables, permitiendo analizar su comportamiento tal como ocurre en la realidad. En este sentido, el presente proyecto no busca alterar condiciones externas, sino diseñar e implementar una solución tecnológica basada en el comportamiento del enlace Bluetooth en condiciones reales de operación.

Asimismo, el alcance descriptivo se justifica en la medida en que se pretende caracterizar el funcionamiento del sistema propuesto, identificar sus variables de desempeño (como alcance, tiempo de respuesta y estabilidad de la conexión) y establecer relaciones entre la proximidad del dispositivo móvil y la activación o desactivación del sistema de encendido del vehículo. Según Hernández Sampieri et al. (2014), este tipo de estudios permite especificar propiedades, características y perfiles de los fenómenos analizados, lo cual resulta pertinente para la evaluación del prototipo desarrollado.

Adicionalmente, el proyecto incorpora un componente de desarrollo tecnológico, ya que implica el diseño, construcción y validación de un sistema electrónico funcional. Este tipo de enfoque combina la aplicación de conocimientos teóricos de la ingeniería electrónica con procesos experimentales orientados a la solución de un problema real, en este caso, la seguridad vehicular en el contexto urbano colombiano.

Fase 1. Requerimientos Técnicos y Funcionales

Esta fase da respuesta al objetivo específico 1, orientado a analizar los requerimientos técnicos y funcionales necesarios para el desarrollo de un sistema de seguridad vehicular basado en tecnología Bluetooth.

Objetivo de la fase: El objetivo de esta fase es identificar y definir los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema de alarma vehicular, mediante el análisis del estado del arte, la revisión del mercado y la consulta a usuarios potenciales, con el fin de establecer las características técnicas, operativas y de seguridad que orientarán el diseño del sistema propuesto.

Actividades: Las actividades desarrolladas en esta fase incluyen:

- Revisión del estado del arte de sistemas de alarma vehicular existentes.
- Análisis del mercado de alarmas comerciales disponibles.
- Diseño y aplicación de instrumentos de recolección de información, como entrevistas y encuestas dirigidas a usuarios potenciales.
- Sistematización y análisis de la información obtenida.
- Identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema propuesto.

Medición de resultados: La medición de los resultados de esta fase se realizó mediante la consolidación de un listado estructurado de requerimientos del sistema, construido a partir del análisis de la información recopilada en las entrevistas, encuestas y revisión bibliográfica.

Se consideró como indicador de cumplimiento la definición clara, coherente y verificable de las características técnicas, operativas y de seguridad del sistema de alarma vehicular, alineadas con las necesidades identificadas en los usuarios y las limitaciones de las soluciones existentes.

Revisión del Estado del Arte y Análisis del Mercado

Sistemas de Alarma Existentes. Los sistemas de alarma vehicular contribuyen a prevenir el hurto de automóviles y proteger sus componentes. A lo largo del tiempo, estas tecnologías han evolucionado desde mecanismos básicos de alerta hasta soluciones más avanzadas que integran sensores, comunicación inalámbrica y funciones de inmovilización del vehículo. A continuación, se describen los principales sistemas de alarma existentes y sus características

Alarmas Sonoras Tradicionales. Las alarmas sonoras tradicionales constituyen uno de los sistemas de seguridad vehicular más antiguos y ampliamente utilizados. Su funcionamiento se basa en la detección de eventos anómalos, como vibraciones, aperturas no autorizadas o movimientos del vehículo, que activan una señal acústica de alta intensidad.

De acuerdo con Moreno y Sánchez (2021), estos sistemas presentan ventajas asociadas a su bajo costo, facilidad de instalación y disponibilidad en el mercado. Sin embargo, su efectividad es limitada, ya que dependen de la respuesta del entorno. En contextos urbanos con altos niveles de ruido, las alarmas pueden pasar desapercibidas o ser ignoradas, reduciendo su capacidad disuasoria.

Además, estos sistemas pueden ser desactivados fácilmente mediante la desconexión de la batería o la manipulación del cableado, lo que evidencia una vulnerabilidad significativa frente a técnicas básicas de robo.

Sistemas de Inmovilización Electrónica. Los sistemas de inmovilización electrónica representan una evolución en la seguridad vehicular, ya que incorporan mecanismos que impiden el encendido del vehículo sin una autenticación previa. Estos sistemas utilizan tecnologías como llaves codificadas, chips RFID o señales electrónicas que deben coincidir con el sistema del vehículo para permitir su funcionamiento.

Según García et al. (2020), este tipo de sistemas incrementa considerablemente el nivel de seguridad en comparación con las alarmas tradicionales, al actuar directamente sobre el sistema de encendido. No obstante, presentan vulnerabilidades frente a técnicas de clonación de llaves o ataques electrónicos que replican la señal de autenticación. Adicionalmente, su implementación suele estar asociada a vehículos de gama media o alta, lo que limita su acceso en contextos donde predominan automotores de menor costo, como motocicletas.

Sistemas de Geolocalización (GPS/GSM). Los sistemas de rastreo vehicular basados en tecnología GPS permiten la localización en tiempo real del vehículo mediante comunicación satelital y redes móviles. Estos sistemas han demostrado ser altamente efectivos en la recuperación de vehículos robados, ya que proporcionan información precisa sobre su ubicación.

Carvajal y Méndez (2021) destacan que su principal fortaleza radica en la capacidad de monitoreo continuo; sin embargo, presentan limitaciones importantes. En primer lugar, dependen de la cobertura de red móvil, lo que puede afectar su funcionamiento en zonas rurales o con baja señal. Asimismo, requieren costos adicionales asociados a instalación y suscripciones mensuales,

lo que reduce su accesibilidad. También pueden ser vulnerables a interferencias mediante dispositivos inhibidores de señal (jammers), los cuales bloquean la comunicación GPS y GSM.

Sistemas Basados en Comunicación Inalámbrica de Corto Alcance. En los últimos años, han surgido propuestas basadas en tecnologías inalámbricas de corto alcance, como Bluetooth, orientadas al control de acceso mediante proximidad. Estos sistemas permiten la autenticación automática del usuario a través de dispositivos móviles previamente autorizados.

Al-Fuqaha et al. (2015) señalan que estas tecnologías presentan ventajas significativas, como bajo consumo energético, facilidad de integración y reducción de costos de implementación. Además, permiten desarrollar sistemas más personalizados, en los que el teléfono móvil actúa como una “llave digital”. No obstante, su efectividad depende del diseño del sistema de autenticación y de la implementación de medidas de seguridad que eviten accesos no autorizados.

Limitaciones. A pesar de la diversidad de soluciones disponibles en el mercado, los sistemas de seguridad vehicular presentan limitaciones comunes que afectan su desempeño. Una de las principales problemáticas es la vulnerabilidad frente a ataques electrónicos. Según Chan y Chung (2021), tecnologías como GPS y GSM pueden ser fácilmente bloqueadas mediante inhibidores de señal, lo que inutiliza los sistemas de rastreo en situaciones críticas.

Asimismo, Staat et al. (2022) advierten sobre ataques de tipo *relay* y *spoofing*, en los cuales un atacante intercepta y replica señales de autenticación, comprometiendo la seguridad de sistemas electrónicos avanzados. Otra limitación relevante es la dependencia de infraestructura externa, especialmente en sistemas que requieren conectividad a redes móviles o satelitales. Esta condición no solo incrementa los costos, sino que también reduce la confiabilidad en entornos con baja cobertura.

Desde el punto de vista económico, muchos sistemas avanzados resultan inaccesibles para usuarios de ingresos medios y bajos, debido a costos de instalación, mantenimiento y suscripción (Carvajal y Méndez, 2021), lo que genera una brecha en el acceso a tecnologías de seguridad. En este contexto, se evidencia la necesidad de desarrollar soluciones alternativas que sean accesibles, eficientes y menos dependientes de infraestructura externa. Las tecnologías de comunicación de corto alcance, como Bluetooth, se posicionan como una opción viable para el diseño de sistemas de seguridad vehicular basados en proximidad y autenticación, alineados con las necesidades del entorno colombiano.

Diseño y Aplicación de Instrumentos

Con el propósito de identificar los requerimientos técnicos y funcionales del sistema de alarma vehicular, se diseñaron y aplicaron instrumentos de recolección de información dirigidos a usuarios potenciales y a fuentes de conocimiento del área. Estos instrumentos permitieron obtener información directa sobre las necesidades, percepciones y expectativas en relación con los sistemas de seguridad vehicular existentes.

Diseño de los Instrumentos. El diseño de los instrumentos se realizó bajo un enfoque descriptivo, orientado a recopilar información cuantitativa y cualitativa relevante para la definición de requerimientos del sistema. Para ello, se elaboró una encuesta estructurada compuesta por preguntas cerradas y de opción múltiple, organizadas en torno a las siguientes categorías de análisis:

- Uso actual de sistemas de seguridad vehicular
- Nivel de satisfacción con las soluciones existentes
- Percepción de seguridad frente al hurto
- Conocimiento y disposición hacia tecnologías inalámbricas como Bluetooth

- Características deseadas en un sistema de alarma vehicular

Las preguntas fueron formuladas de manera clara y precisa, evitando ambigüedades y facilitando su comprensión por parte de los participantes. Asimismo, el instrumento fue revisado para garantizar su pertinencia frente a los objetivos de la investigación.

Población y Muestra. Los instrumentos fueron aplicados a una población conformada por cinco propietarios de vehículos, especialmente motocicletas, debido a su alta vulnerabilidad frente al hurto en el contexto colombiano.

La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando la accesibilidad de los participantes y su relación directa con el problema de estudio. Los encuestados corresponden a usuarios potenciales del sistema propuesto, lo que permitió obtener información contextualizada y relevante para el diseño de la solución.

Aplicación de Encuestas a Usuarios Potenciales. Con el fin de identificar las necesidades, percepciones y expectativas de los usuarios respecto a los sistemas de seguridad vehicular, se aplicó una encuesta estructurada dirigida a propietarios de vehículos y potenciales usuarios del sistema propuesto.

- La encuesta permitió recopilar información relevante sobre:
- La frecuencia de uso de sistemas de alarma vehicular
- El nivel de confianza en las soluciones existentes
- Las principales problemáticas percibidas en términos de seguridad
- La disposición a utilizar tecnologías basadas en Bluetooth
- Las características consideradas más importantes en un sistema de seguridad

vehicular

La aplicación del instrumento se realizó de manera directa, garantizando la comprensión de las preguntas y la veracidad de las respuestas. Los resultados obtenidos son un insumo fundamental para la definición de los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, así como para orientar el diseño del prototipo propuesto (ver Apéndice A).

Resultados de las Encuestas Aplicadas

Con el fin de identificar las necesidades, percepciones y expectativas de los usuarios frente a los sistemas de seguridad vehicular, se aplicó una encuesta estructurada a cinco (5) usuarios potenciales. Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis estadístico descriptivo, empleando frecuencias absolutas y relativas, lo que permitió interpretar de manera cuantitativa las respuestas obtenidas. Los resultados evidencian una percepción significativa del riesgo de hurto vehicular, así como una alta aceptación hacia el uso de tecnologías inalámbricas, particularmente Bluetooth, como mecanismo de autenticación y control del acceso al vehículo.

Análisis Estadístico de las Encuestas. Con el propósito de interpretar la información recolectada, se realizó un análisis estadístico descriptivo de las encuestas aplicadas. Los resultados se presentan mediante frecuencias absolutas y porcentajes en la Tabla 1, permitiendo identificar la percepción de los participantes respecto al robo vehicular y el nivel de aceptación de un sistema de seguridad basado en tecnología Bluetooth.

Tabla 1*Resultados Estadísticos de las Encuestas Aplicadas*

Pregunta	Opción	Frecuencia	Porcentaje
¿Considera que el robo vehicular es un problema frecuente?	Sí	4	80%
	No	1	20%
¿Utiliza actualmente un sistema de alarma?	Sí	3	60%
	No	2	40%
¿Confiaría en un sistema de seguridad basado en control Bluetooth?	Sí	5	100%
	No	0	0%
¿Le gustaría que el vehículo se bloquee automáticamente?	Sí	4	80%
	No	1	20%
¿Considera importante que el sistema sea de bajo costo?	Sí	5	100%
	No	0	0%

Nota. La tabla presenta la frecuencia y el porcentaje de las respuestas obtenidas en la encuesta aplicada a cinco participantes, respecto a la percepción sobre el robo vehicular y la aceptación de un sistema de seguridad basado en tecnología Bluetooth. Elaboración propia.

Interpretación de los Resultados. Los resultados obtenidos permiten identificar tendencias claras en relación con la seguridad vehicular:

El 80% de los encuestados considera que el robo vehicular es un problema frecuente, lo que evidencia una alta percepción de riesgo.

El 60% utiliza sistemas de alarma tradicionales, lo que indica una preocupación previa por la seguridad, aunque no necesariamente satisfacción con las soluciones actuales.

El 100% manifestó confianza en un sistema basado en Bluetooth, lo que valida la aceptación tecnológica del enfoque propuesto.

El 80% desea un sistema con bloqueo automático, lo que respalda la incorporación de funciones autónomas en el diseño.

El 100% considera fundamental el bajo costo, evidenciando la necesidad de soluciones accesibles.

Teniendo en cuenta estos resultados, se observa que los usuarios no solo reconocen el problema, sino que están abiertos a soluciones innovadoras, siempre que sean prácticas, económicas y confiables.

Identificación de Requerimientos del Sistema

A partir del análisis del estado del arte, el estudio del mercado y la información recopilada mediante la aplicación de encuestas a usuarios potenciales, se definieron los requerimientos del sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth. Estos requerimientos orientan el diseño del sistema, asegurando que responda a las necesidades reales de los usuarios y a las condiciones del entorno de aplicación.

Los requerimientos se clasifican en funcionales y no funcionales, de acuerdo con su naturaleza y propósito dentro del sistema.

Requerimientos Funcionales. Los requerimientos funcionales describen las acciones y operaciones que el sistema debe ejecutar para cumplir con su objetivo de seguridad vehicular. A continuación, se presentan los principales:

- El sistema debe permitir la autenticación de un usuario mediante un dispositivo móvil previamente autorizado.
- El sistema debe activar automáticamente el mecanismo de bloqueo del vehículo cuando el dispositivo autorizado no se encuentre dentro del rango de proximidad.
- El sistema debe desactivar el bloqueo del vehículo cuando el dispositivo autorizado se encuentre dentro del rango establecido.
- El sistema debe establecer una conexión inalámbrica estable entre el módulo Bluetooth y el dispositivo móvil.

- El sistema debe impedir el encendido del vehículo en ausencia de autenticación válida.
- El sistema debe generar una señal de alerta (visual o sonora) ante intentos de acceso no autorizado.
- El sistema debe permitir el encendido manual mediante un mecanismo alternativo en caso de falla del sistema principal.

Requerimientos No Funcionales. Los requerimientos no funcionales establecen las condiciones de calidad, rendimiento y restricciones bajo las cuales debe operar el sistema.

- El sistema debe operar con bajo consumo energético, evitando la descarga de la batería del vehículo.
- El sistema debe ser de bajo costo, garantizando su accesibilidad para usuarios de ingresos medios y bajos.
- El sistema debe ser confiable y mantener un funcionamiento estable en condiciones normales de operación.
- El sistema debe ser resistente a interferencias dentro del rango típico de operación de Bluetooth.
- El sistema debe ser fácil de instalar y adaptable a diferentes tipos de vehículos, especialmente motocicletas.
- El sistema debe garantizar un tiempo de respuesta rápido en la detección de proximidad y activación del bloqueo.
- El sistema debe ser seguro frente a accesos no autorizados, limitando la conexión únicamente a dispositivos previamente emparejados.

- El sistema debe requerir un mantenimiento mínimo y presentar facilidad de uso para el usuario final.

Criterios de Diseño del Sistema

A partir de los requerimientos funcionales y no funcionales definidos en la fase anterior, se establecieron los criterios de diseño del sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth. Estos criterios permiten estructurar las decisiones técnicas del diseño y garantizar la coherencia entre el análisis del problema y la implementación del prototipo.

Con el fin de organizar y facilitar la trazabilidad del diseño, los criterios fueron codificados como C1, C2, C3, etc., los cuales se presentan en la Tabla 2, a continuación.

Tabla 2

Criterios de Diseño del Sistema

Código	Criterio de diseño	Descripción
C1	Uso de tecnología Bluetooth	Se selecciona Bluetooth como medio de comunicación por su bajo consumo energético, disponibilidad en dispositivos móviles y facilidad de implementación.
C2	Control por proximidad	El sistema activa o desactiva el bloqueo del vehículo según la cercanía del dispositivo móvil autorizado.
C3	Conmutación eléctrica segura	Se implementa un sistema de relé/transistor que separa la etapa de control y potencia, garantizando seguridad eléctrica.
C4	Simplicidad del diseño	Se prioriza una arquitectura sencilla para facilitar el montaje, mantenimiento y reducción de costos.
C5	Autenticación del usuario	Solo dispositivos previamente emparejados pueden interactuar con el sistema, evitando accesos no autorizados.
C6	Señalización del sistema	Se incorporan indicadores visuales y/o sonoros para informar el estado del sistema al usuario.

Nota. La tabla presenta los principales criterios de diseño considerados para el desarrollo del sistema de seguridad vehicular basado en tecnología Bluetooth, incluyendo los aspectos técnicos y funcionales que orientaron su implementación. Elaboración propia.

Conclusión de la Fase

Los resultados de la fase 1 evidencian una alta necesidad de mejorar los sistemas de seguridad vehicular, así como una aceptación favorable hacia soluciones basadas en tecnología Bluetooth. La información obtenida permitió definir los requerimientos técnicos y funcionales del sistema, los cuales sirvieron como base para el diseño y desarrollo del prototipo en las fases posteriores del proyecto.

Fase 2. Desarrollo de un Prototipo Funcional

Esta fase da respuesta al objetivo específico 2, el cual consiste en desarrollar un prototipo funcional del sistema de alarma vehicular que permita el emparejamiento seguro con un dispositivo móvil autorizado y la activación o desactivación automática del bloqueo del vehículo.

Objetivo: Construir un prototipo funcional del sistema de alarma vehicular a partir de los requerimientos definidos en la fase de diseño, garantizando su operatividad en condiciones controladas.

Actividades: Las actividades desarrolladas en esta fase fueron las siguientes:

- Diseño de la arquitectura del sistema a partir de los requerimientos funcionales y no funcionales definidos previamente.
- Elaboración del esquema eléctrico del sistema mediante herramientas de simulación.
- Selección y justificación de los componentes electrónicos de acuerdo con criterios de costo, disponibilidad, consumo energético y compatibilidad.
- Ensamblaje del prototipo en protoboard para pruebas iniciales.
- Implementación del sistema en una placa de circuito impreso (PCB) para su validación física.

- Realización de pruebas de laboratorio para evaluar la conectividad Bluetooth, alcance de operación, estabilidad del sistema y tiempo de respuesta.

Medición de resultados: La evaluación de esta fase se realizó mediante pruebas funcionales controladas, considerando los siguientes indicadores:

- Alcance efectivo de la conexión Bluetooth
- Tiempo de activación y desactivación del sistema
- Estabilidad de la conexión entre dispositivos
- Porcentaje de conexiones exitosas en múltiples intentos
- Comportamiento del sistema ante pérdida de señal

Desarrollo de la fase: En esta fase se definió y construyó la arquitectura funcional del sistema de alarma vehicular, tomando como base los requerimientos identificados en la fase anterior. El diseño se estructuró en bloques funcionales interrelacionados que permiten garantizar el funcionamiento integral del sistema.

En primer lugar, se estableció un módulo de comunicación basado en tecnología Bluetooth, encargado de detectar la presencia del dispositivo móvil autorizado mediante el proceso de emparejamiento. Este componente constituye el eje central del sistema, ya que permite implementar el control de acceso basado en proximidad.

En segundo lugar, se definió una etapa de control lógico, la cual se encarga de interpretar la presencia o ausencia de la señal Bluetooth y generar la respuesta correspondiente en el sistema. A diferencia de otros enfoques, esta etapa se diseñó mediante una arquitectura electrónica simplificada, sin el uso de unidades programables, lo que permite reducir la complejidad del sistema y aumentar su confiabilidad. Posteriormente, se incorporó una etapa de potencia, encargada de controlar el encendido o bloqueo del vehículo mediante dispositivos de

conmutación eléctrica. Esta etapa permite manejar cargas de mayor corriente de forma segura, garantizando el aislamiento entre la señal de control y el sistema eléctrico del vehículo.

Adicionalmente, se integraron elementos de señalización visual y sonora que permiten al usuario identificar el estado del sistema, mejorando la interacción y facilitando su uso.

Justificación del diseño del sistema: El diseño del sistema se fundamenta en los criterios establecidos en la fase anterior, particularmente en la necesidad de desarrollar una solución de bajo costo, bajo consumo energético y fácil implementación. La selección de la tecnología Bluetooth responde a su amplia disponibilidad en dispositivos móviles, su facilidad de uso y su capacidad para establecer conexiones seguras mediante emparejamiento previo. Esto permite implementar un sistema de autenticación basado en proximidad sin necesidad de infraestructura adicional.

Asimismo, la decisión de emplear una arquitectura electrónica sin unidades programables se orienta a reducir posibles fallos asociados a software, simplificar el diseño y mejorar la estabilidad del sistema en condiciones reales de operación. Por otra parte, la incorporación de sensores complementarios, como dispositivos sensibles a condiciones del entorno, permite ampliar las capacidades del sistema y mejorar su respuesta ante diferentes escenarios de uso. Estas decisiones de diseño permiten obtener un sistema funcional, confiable y adaptado a las condiciones del entorno vehicular, cumpliendo con los requerimientos establecidos en la fase de análisis.

A. Subfase Diseño

En esta sección se presenta el proceso de diseño del sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth, abarcando la arquitectura general del sistema, la definición de sus bloques funcionales y el flujo de funcionamiento. Asimismo, se describe el diseño del

esquemático electrónico realizado en el software Proteus, junto con la validación lógica del circuito y el diseño de la tarjeta de circuito impreso (PCB), los cuales constituyen la base para la posterior implementación del prototipo funcional.

Diseño de la Arquitectura del Sistema. El diseño de la arquitectura del sistema permite definir la organización y la interacción de los componentes que conforman la solución propuesta. A través de una estructura modular, se establece el funcionamiento general del sistema, facilitando la integración de los elementos de hardware y software requeridos para su operación.

Bloques Funcionales. El sistema de alarma vehicular propuesto se estructura a partir de una arquitectura modular compuesta por bloques funcionales interrelacionados, diseñados para garantizar el control de acceso al vehículo mediante tecnología Bluetooth. Esta organización permite comprender el funcionamiento del sistema de manera clara, facilitando su implementación y análisis. Los bloques funcionales definidos son los siguientes:

Bloque de comunicación Bluetooth. Este bloque se encarga de establecer la conexión inalámbrica entre el sistema y el dispositivo móvil autorizado. Su función principal es detectar la presencia o ausencia del usuario mediante el emparejamiento previo, permitiendo implementar un control de acceso basado en proximidad.

Bloque de detección y decisión. Este bloque interpreta la señal proveniente del sistema de comunicación, determinando si el dispositivo autorizado se encuentra dentro o fuera del rango de operación. A partir de esta información, genera una señal de control que define el estado del sistema (activado o desactivado).

Bloque de conmutación o potencia. Encargado de ejecutar la acción física sobre el vehículo y de activar o desactivar el sistema de encendido mediante dispositivos de conmutación eléctrica. Su diseño garantiza el manejo seguro de corrientes propias del entorno vehicular.

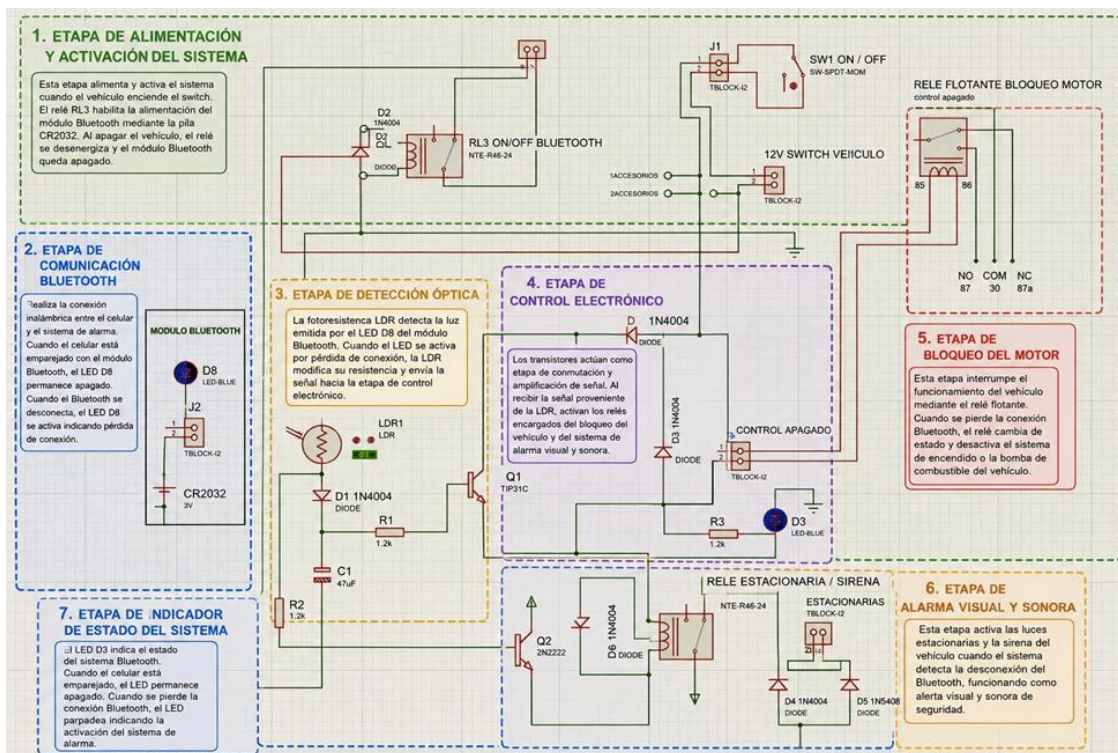
Bloque de señalización. Este bloque incluye los elementos encargados de informar al usuario sobre el estado del sistema, mediante señales visuales o sonoras. Su función es mejorar la interacción con el usuario y facilitar la verificación del funcionamiento del sistema.

Bloque de alimentación. Proporciona la energía necesaria para el funcionamiento de todos los bloques del sistema, asegurando estabilidad y protección frente a variaciones eléctricas propias del entorno vehicular.

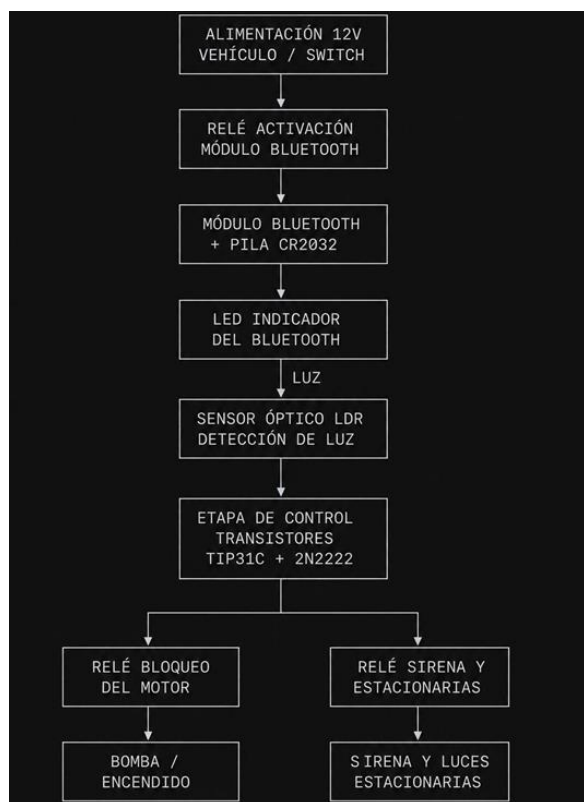
Esta arquitectura modular permite que cada bloque cumpla una función específica, garantizando un sistema organizado, escalable y de fácil implementación.

Figura 1

Diagrama de Bloques



Nota. La figura presenta el diagrama de bloques del sistema de seguridad vehicular basado en tecnología Bluetooth, mostrando los principales componentes y la interacción entre ellos durante el funcionamiento del sistema. Elaboración propia.

Figura 2*Bloques del Sistema*

Nota. La figura presenta el diagrama de bloques del sistema de seguridad vehicular, ilustrando la arquitectura general y la interacción entre los componentes electrónicos encargados de la alimentación, comunicación Bluetooth, control, bloqueo del motor y activación de los dispositivos de alerta. Elaboración propia.

Descripción de los Bloques del Sistema. Con el fin de comprender el funcionamiento de la arquitectura propuesta, a continuación, se presenta la descripción de cada uno de los bloques que conforman el sistema. En cada bloque se explica su función específica y la manera en que contribuye al correcto funcionamiento del sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth.

1. Alimentación 12V vehículo / switch. Es la fuente principal de energía del sistema. Toma los 12V del vehículo cuando el switch está activado para alimentar el circuito de la alarma.
2. Relé activación módulo Bluetooth. Este relé permite encender o apagar el módulo Bluetooth automáticamente según el estado del vehículo, protegiendo el consumo de energía.
3. Módulo Bluetooth + pila CR2032. La pila CR2032 suministra energía al módulo Bluetooth para su funcionamiento. Su función principal es alimentar el dispositivo Bluetooth dentro del sistema.
4. LED indicador del Bluetooth. El LED muestra el estado del Bluetooth. Cuando el Bluetooth está activo o conectado, el LED emite luz.
5. Sensor óptico LDR detección de luz. El sensor óptico LDR trabaja en conjunto con el LED indicador del Bluetooth, realizando una función similar a la de un optoacoplador. Cuando el LED del Bluetooth emite luz, la LDR detecta esa iluminación, modifica su resistencia y genera una señal eléctrica hacia la etapa de control electrónico, ayudando además a mantener un aislamiento entre los dos circuitos del sistema.
6. Etapa de control – Transistores TIP31C + 2N2222. Los transistores amplifican y controlan la señal proveniente del sensor LDR para activar los relés de salida del sistema.
7. Relé bloqueo del motor. Este relé interrumpe el funcionamiento del vehículo, normalmente cortando la bomba de gasolina o el sistema de encendido.
8. Bomba / encendido. Es la parte del vehículo que queda bloqueada para impedir que el motor encienda cuando la alarma está activada.
9. Relé sirena y estacionarias. Activa la sirena y las luces estacionarias como señal de alerta ante una desconexión o intento de robo.

10. Sirena y luces estacionarias. Son los elementos de aviso del sistema de alarma. Emiten sonido y señales luminosas para alertar sobre una intrusión o bloqueo del vehículo.

Fundamento e Integración del LDR en el Sistema. El sistema incorpora un sensor LDR (Light Dependent Resistor) encargado de detectar la presencia o ausencia de luz emitida por el LED indicador del módulo Bluetooth. La función principal de este componente es monitorear el estado de conexión del dispositivo móvil autorizado con el sistema de alarma vehicular.

Cuando el teléfono se encuentra dentro del rango permitido, el módulo Bluetooth mantiene una conexión activa y su LED indicador presenta una señal luminosa estable. Esta luz es detectada por el LDR, el cual modifica su nivel de resistencia eléctrica permitiendo mantener activado el circuito de control correspondiente al funcionamiento normal del vehículo.

En el momento en que el dispositivo móvil se aleja y la conexión Bluetooth se pierde, el LED del módulo cambia su comportamiento luminoso o deja de emitir la señal esperada. El LDR detecta esta variación de luz y genera un cambio eléctrico en el circuito, provocando la activación del relé encargado de interrumpir el funcionamiento del motor o del sistema de encendido del vehículo.

La integración del LDR dentro del sistema permite realizar una supervisión indirecta del estado de conexión Bluetooth sin necesidad de programación adicional ni procesamiento digital complejo, utilizando únicamente la variación luminosa del LED indicador como referencia de funcionamiento.

Flujo de Funcionamiento. El funcionamiento del sistema se basa en la detección automática de la proximidad del dispositivo móvil autorizado y la ejecución de acciones en función de dicha condición. Inicialmente, el sistema permanece en estado de espera,

monitoreando continuamente la presencia del dispositivo móvil previamente emparejado mediante la conexión Bluetooth. Cuando el dispositivo autorizado entra dentro del rango de operación, el sistema reconoce la conexión y genera una señal que desactiva el mecanismo de bloqueo del vehículo, permitiendo su encendido.

Por el contrario, cuando el dispositivo móvil se aleja o pierde la conexión, el sistema interpreta esta condición como ausencia de autenticación, activando automáticamente el mecanismo de bloqueo e impidiendo el funcionamiento del vehículo. Durante este proceso, el sistema puede activar señales visuales o sonoras que informan al usuario sobre el estado actual, facilitando su interacción y control. El flujo de funcionamiento descrito permite un control automatizado basado en proximidad, eliminando la necesidad de intervención manual constante y mejorando la experiencia del usuario, al tiempo que incrementa el nivel de seguridad del vehículo.

Diseño del esquemático. El diseño del esquemático del sistema de alarma vehicular se realizó mediante el software de simulación electrónica Proteus, herramienta que permite representar gráficamente las interconexiones entre los diferentes componentes y validar el comportamiento lógico del circuito antes de su implementación física. Este proceso facilitó la organización estructurada del circuito y la verificación de su lógica de operación, asegurando la coherencia entre los elementos seleccionados y los requerimientos definidos en la fase de diseño.

En la Figura 3 se presenta el esquemático general del sistema de alarma vehicular, en el cual se evidencian los componentes principales y sus respectivas conexiones, destacando el módulo Bluetooth como elemento central de control, junto con los dispositivos de conmutación y protección que permiten la activación y desactivación del sistema.

interferencias. Asimismo, la simulación facilitó la detección temprana de errores de conexión, la validación de niveles de voltaje adecuados y la optimización del diseño antes del ensamblaje físico.

Validación Lógica del Circuito. La validación lógica del sistema se fundamenta en el principio de control por presencia o ausencia de conexión Bluetooth. A diferencia de sistemas programados, el presente diseño opera mediante lógica electrónica directa, en la que el estado de conexión del módulo Bluetooth determina el comportamiento del circuito.

Cuando el dispositivo móvil autorizado se encuentra dentro del rango de operación, el módulo Bluetooth establece una conexión activa que genera una señal eléctrica de salida. Esta señal es utilizada para activar un transistor de conmutación, el cual a su vez energiza el relé vehicular, permitiendo el cierre del circuito de encendido del vehículo.

Por el contrario, cuando el dispositivo móvil se aleja o se pierde la conexión Bluetooth, la señal desaparece, provocando la desactivación del transistor y, en consecuencia, la apertura del relé, interrumpiendo el funcionamiento del sistema de encendido o activando mecanismos de alerta como la sirena.

Este comportamiento fue validado en el entorno de simulación, evidenciando una respuesta coherente del sistema ante cambios en el estado de conexión, lo que confirma la viabilidad del diseño sin necesidad de una unidad de control programable.

Diseño de la Tarjeta de Circuito Impreso (PCB). A partir del esquemático validado, se procedió al diseño de la tarjeta de circuito impreso (PCB), también mediante el software Proteus. En esta etapa se definió la disposición física de los componentes, así como el trazado de las pistas de conexión, buscando optimizar el espacio, reducir interferencias eléctricas y garantizar la

estabilidad del sistema en condiciones reales de operación. El diseño de la PCB consideró los siguientes aspectos:

- Separación adecuada entre pistas de potencia y señal
- Minimización de ruido eléctrico
- Facilidad de ensamblaje
- Compatibilidad con el entorno vehicular (vibraciones, temperatura, etc.)

Este proceso permitió obtener una estructura compacta, organizada y funcional, lista para la implementación física del prototipo.

B. Subfase Selección

En esta subfase se presenta el proceso de selección de los componentes electrónicos necesarios para la implementación del sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth. Se describen los criterios técnicos utilizados para la elección de cada elemento, así como las comparaciones realizadas entre distintas alternativas disponibles en el mercado. De igual manera, se justifica la selección final de dispositivos como el módulo Bluetooth, transistores, relés y componentes pasivos, garantizando su compatibilidad, eficiencia y adecuación a los requerimientos del sistema.

Selección de Componentes Electrónicos. La selección de los componentes electrónicos del sistema de alarma vehicular se realizó con base en los requerimientos técnicos y funcionales definidos en la fase de diseño, garantizando la coherencia entre la solución propuesta y las condiciones reales de operación en un entorno vehicular. Para la elección de los componentes se establecieron como criterios:

- Compatibilidad eléctrica, asegurando que los dispositivos operen adecuadamente con los niveles de voltaje del sistema vehicular.

- Disponibilidad en el mercado local, facilitando la adquisición y posible replicabilidad del sistema.
- Bajo costo que permite proponer una solución accesible para diferentes usuarios.
- Confiabilidad operativa, priorizando componentes con buen desempeño reportado en aplicaciones similares.
- Facilidad de integración, permitiendo un ensamblaje sencillo y funcional sin requerir configuraciones complejas.

Proceso de Selección y Pruebas Preliminares. Como parte del proceso de selección, se realizó un análisis comparativo de diferentes alternativas de componentes electrónicos, especialmente en lo relacionado con módulos de comunicación Bluetooth y dispositivos de conmutación. En el caso de los módulos Bluetooth, se evaluaron distintas opciones disponibles en el mercado, descartando aquellos que presentaban inestabilidad en la conexión, bajo alcance o dificultades de emparejamiento con dispositivos móviles. Estas pruebas preliminares permitieron identificar el módulo más adecuado en términos de tiempo de respuesta, estabilidad y compatibilidad. De igual manera, se analizaron diferentes dispositivos de conmutación, considerando su capacidad para manejar cargas del sistema vehicular sin comprometer la integridad del circuito, seleccionando aquellos que ofrecían un equilibrio entre rendimiento, costo y facilidad de implementación.

Selección General de los Componentes del Sistema. A partir de los criterios definidos y las pruebas realizadas, se seleccionaron los componentes electrónicos que conforman el sistema de alarma vehicular. El sistema se fundamenta en un módulo Bluetooth, el cual permite establecer la comunicación inalámbrica con el dispositivo móvil autorizado. Este módulo actúa

como elemento central de control, determinando la activación o desactivación del sistema en función de la presencia o ausencia de conexión.

Para la conmutación del sistema de encendido del vehículo se emplean transistores de potencia, que permiten amplificar la señal proveniente del módulo Bluetooth y accionar relés electromecánicos encargados de habilitar o interrumpir el flujo de corriente. Adicionalmente, se incorporan resistencias para la regulación y limitación de corriente, condensadores para la estabilización del voltaje, y diodos para la protección frente a picos eléctricos generados por cargas inductivas como los relés. El sistema también incluye elementos de señalización, como diodos LED para la indicación visual del estado de operación y una sirena para la emisión de alertas sonoras ante eventos de seguridad. Finalmente, la alimentación del sistema se realiza a partir de la batería del vehículo, complementada con elementos de acondicionamiento eléctrico que garantizan un suministro estable y seguro para todos los componentes.

Módulo Bluetooth (YC1089). El módulo Bluetooth es un dispositivo de comunicación inalámbrica que permite el intercambio de datos entre el microcontrolador y el dispositivo móvil del usuario. Opera con niveles de voltaje de 3,3 V o 5 V y presenta un alcance típico de hasta 10 metros en condiciones estándar. Su función principal dentro del sistema es establecer y mantener la conexión con el teléfono móvil autorizado, permitiendo la activación y desactivación automática del sistema de alarma y bloqueo del vehículo.

Criterios de selección: La selección del transistor TIP31C se fundamenta en los siguientes criterios:

- Capacidad para manejar cargas como sirenas y relés sin necesidad de un circuito de potencia adicional.
- Alta disponibilidad en el mercado local y bajo costo.
- Facilidad de implementación en prototipos electrónicos, sin requerir disipadores de gran tamaño para el nivel de carga manejado en el sistema.

Alternativas consideradas:

2N3055: Transistor NPN de mayor potencia (15 A, 115 W), descartado por su tamaño excesivo y costos innecesarios para la aplicación propuesta.

BD139: Transistor NPN de potencia media (1,5 A, 12,5 W), considerado insuficiente para manejar cargas superiores a 1,5 A de forma segura.

MOSFET IRF540: Transistor de efecto de campo con alta eficiencia y capacidad de corriente, descartado debido a su mayor costo y a la complejidad adicional en el control de la compuerta.

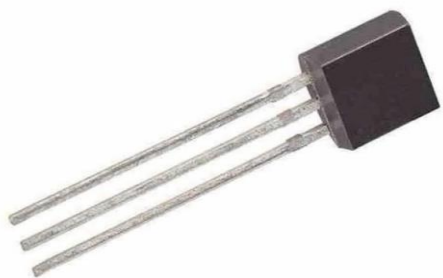
En consecuencia, el TIP31C ofrece un equilibrio adecuado entre potencia, costo, disponibilidad y simplicidad de implementación, lo que lo convierte en una opción apropiada para el sistema de alarma vehicular desarrollado en este proyecto.

Transistores NPN y PNP. Los transistores bipolares de unión (BJT) tipo NPN y PNP son dispositivos semiconductores ampliamente utilizados en circuitos electrónicos para funciones de conmutación y amplificación. El transistor NPN permite el paso de corriente desde el colector hacia el emisor cuando se aplica un voltaje positivo en la base, mientras que el transistor PNP conduce en sentido opuesto cuando la base presenta un voltaje negativo respecto al emisor.

Gracias a esta complementariedad, los transistores NPN y PNP pueden emplearse de manera conjunta en diferentes configuraciones de control de cargas, señales digitales y protección de circuitos. En el sistema de alarma vehicular desarrollado, estos componentes permiten accionar relés y otros dispositivos de salida a partir de señales de control de bajo nivel provenientes del microcontrolador.

Figura 6

Transistores NPN y PNP Utilizados para Conmutación y Control de Cargas en el Sistema de Alarma Vehicular



Nota. La figura presenta los transistores NPN y PNP utilizados para la conmutación y el control de cargas en el sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

La elección de transistores NPN y PNP responde a su bajo costo, amplia disponibilidad en el mercado local y facilidad de integración en circuitos electrónicos, lo que los convierte en una solución adecuada para la etapa de conmutación del sistema.

Relé 12 V de 5 Pines. El relé de 12 V DC y cinco pines es un dispositivo electromecánico utilizado para conmutar cargas de potencia media mediante una señal de bajo voltaje. Su configuración incluye un pin común (COM), un contacto normalmente abierto (NA), un contacto normalmente cerrado (NC) y dos pines correspondientes a la bobina de activación.

En el sistema de alarma vehicular, este relé permite controlar dispositivos como sirenas, luces o circuitos de encendido, aislando eléctricamente la etapa de control del microcontrolador de las cargas de mayor potencia.

Figura 7

Relé de 12 V y 5 Pines Utilizado para el Control de Cargas en el Sistema de Alarma Vehicular



Nota. La figura muestra el relé de 12 V y 5 pines utilizado para el control y la conmutación de cargas en el sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

La selección de este relé se fundamenta en su compatibilidad con el sistema eléctrico vehicular, su bajo costo y su confiabilidad en aplicaciones de automatización y control.

Relé Vehicular 12V de 5 Pines con Arnés. El relé vehicular de 12 V con arnés integrado es un dispositivo diseñado específicamente para aplicaciones automotrices, permitiendo la conmutación segura de cargas de mayor potencia. El arnés facilita la instalación, garantiza conexiones firmes y reduce la probabilidad de fallos por vibraciones o movimientos propios del entorno vehicular.

Figura 8

Relé Vehicular de 12 V y 5 Pines con Arnés para Control de Cargas en Sistemas Automotrices



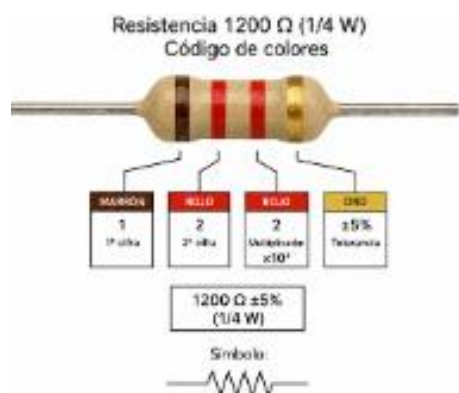
Nota. La figura presenta el relé vehicular de 12 V y 5 pines con arnés, utilizado para el control de cargas eléctricas en el sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

Este relé fue seleccionado por su confiabilidad, facilidad de instalación y compatibilidad directa con los sistemas eléctricos estándar de vehículos y motocicletas.

Resistencias. Las resistencias son componentes pasivos cuya función principal es limitar, dividir o regular el flujo de corriente eléctrica en un circuito. Se caracterizan por su valor resistivo, expresado en ohmios (Ω), y su potencia nominal, medida en vatios (W). En el sistema propuesto, las resistencias se emplean para proteger componentes sensibles, establecer niveles de polarización adecuados y asegurar un funcionamiento estable del circuito.

Figura 9

Resistencias Utilizadas para el Control de Corriente en el Sistema de Alarma Vehicular



Nota. La figura muestra las resistencias utilizadas para el control y la limitación de corriente en los diferentes circuitos del sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

Se utilizaron resistencias axiales convencionales debido a su facilidad de montaje en protoboard y PCB, bajo costo y confiabilidad en aplicaciones de baja potencia.

Interruptor Basculante ON–OFF. El interruptor basculante ON–OFF es un dispositivo mecánico que permite abrir o cerrar un circuito eléctrico de forma manual. Presenta dos posiciones estables que facilitan el encendido o apagado del sistema de manera directa. En el proyecto, este interruptor cumple la función de control manual general del sistema de alarma.

Figura 10

Interruptor Basculante ON–OFF Utilizado para el Control Manual del Circuito



Nota. La figura presenta el interruptor basculante ON–OFF utilizado para el control manual del encendido y apagado del circuito del sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

Este componente fue elegido por su simplicidad, confiabilidad mecánica y facilidad de integración en sistemas electrónicos básicos.

LED (Diodo Emisor de Luz). El LED es un dispositivo semiconductor que emite luz cuando es polarizado directamente. Se caracteriza por su bajo consumo energético, larga vida útil y rápida respuesta. En el sistema de alarma vehicular, el LED funciona como indicador visual del estado del sistema, facilitando la supervisión del funcionamiento por parte del usuario.

Figura 11

LED Utilizado como Indicador Visual en el Sistema de Alarma Vehicular



Nota. La figura muestra el LED utilizado como indicador visual del estado de funcionamiento del sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

LDR (Fotorresistencia). La LDR es un sensor fotoeléctrico cuya resistencia varía de acuerdo con la intensidad de la luz incidente. A mayor iluminación, menor resistencia, y viceversa. En el sistema propuesto, la LDR permite detectar variaciones lumínicas que pueden emplearse como criterio adicional de activación o apoyo al sistema de alarma.

Figura 12

LDR (Fotorresistencia) Utilizada para Detección de Variación Lumínica en el Sistema



Nota. La figura presenta la LDR (fotorresistencia) utilizada para detectar variaciones en la intensidad lumínica y generar la señal de control en el sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

Diodo Rectificador. El diodo rectificador es un componente semiconductor que permite el paso de corriente eléctrica en un único sentido, bloqueándola en la dirección opuesta. Se utiliza comúnmente en circuitos electrónicos para la protección frente a inversiones de polaridad y para el rectificado de corriente alterna a corriente continua. En el sistema de alarma vehicular, el diodo rectificador cumple una función de protección eléctrica, evitando daños en los componentes ante posibles conexiones incorrectas.

Figura 13

Diodo Rectificador Utilizado en el Sistema de Alarma Vehicular



Nota. La figura muestra el diodo rectificador utilizado para la protección y el control del flujo de corriente en el sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

Bornera de Tornillo para PCB. La bornera de tornillo es un conector eléctrico diseñado para fijar conductores a una placa de circuito impreso mediante un sistema de presión mecánica. Este tipo de conexión proporciona firmeza, seguridad y facilidad de desmontaje, lo que resulta especialmente útil en sistemas que requieren mantenimiento o ajustes periódicos. En el proyecto, la bornera facilita la conexión del sistema con el cableado del vehículo.

Figura 14

Bornera de Tornillo para PCB Utilizada en el Sistema de Alarma Vehicular



Nota. La figura presenta la bornera de tornillo para PCB utilizada para facilitar la conexión segura de los conductores eléctricos en el sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

La elección de este componente se fundamenta en su resistencia mecánica, facilidad de instalación y compatibilidad con el diseño de la PCB del sistema.

Pila CR2032. La pila CR2032 es una batería de litio tipo botón que suministra un voltaje nominal de 3 V y una capacidad aproximada de 220 mAh. Se caracteriza por su tamaño compacto, baja tasa de autodescarga y larga vida útil. En el sistema de alarma vehicular, esta pila se emplea para alimentar circuitos de bajo consumo que requieren respaldo energético continuo.

Figura 15

Pila CR2032 Tipo Botón Utilizada en el Sistema



Nota. La figura muestra la pila tipo botón CR2032 utilizada como fuente de alimentación para el módulo Bluetooth del sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

Portapila para CR2032. El portapila para CR2032 es un soporte diseñado para alojar de manera segura este tipo de batería, garantizando un contacto eléctrico estable y permitiendo su fácil reemplazo. Su integración en la placa electrónica facilita las tareas de mantenimiento y prolonga la vida útil del sistema.

Figura 16

Portapila para Batería CR2032



Nota. La figura presenta el portapila para batería CR2032 utilizado para alojar y conectar la fuente de alimentación del módulo Bluetooth en el sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

Sirena 12V DC. La sirena de 12 V DC es un dispositivo electroacústico utilizado como elemento de alerta sonora en sistemas de seguridad. Emite un sonido de alta intensidad,

generalmente entre 110 y 120 dB, lo que permite alertar de manera efectiva sobre intentos de acceso no autorizado. En el sistema propuesto, la sirena actúa como mecanismo disuasorio frente a posibles hurtos.

Figura 17

Sirena de 12V DC Utilizada en el Sistema de Alarma Vehicular



Nota. La figura muestra la sirena de 12 V DC utilizada como dispositivo de alerta sonora en el sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

La selección de la sirena se realizó considerando su potencia acústica, consumo moderado y compatibilidad con el sistema eléctrico vehicular.

Condensadores Electrolíticos 680 μ F / 16V. Los condensadores electrolíticos son componentes pasivos destinados al almacenamiento temporal de energía y al filtrado de señales en circuitos electrónicos. El condensador de 680 μ F y 16 V se utiliza en el sistema para estabilizar el voltaje y reducir ruidos eléctricos que podrían afectar el funcionamiento de los componentes sensibles.

Figura 18

Condensador Electrolítico de 680 μ F y 16 V



Nota. La figura presenta el condensador electrolítico de 680 μ F y 16 V utilizado para el filtrado y la estabilización de la alimentación eléctrica en el sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

Este valor fue seleccionado por ofrecer un equilibrio adecuado entre capacidad, tamaño físico y margen de seguridad en el sistema.

Caja de Proyecto Plástica. La caja de proyecto plástica es un contenedor diseñado para alojar y proteger circuitos electrónicos frente a factores externos como polvo, humedad, vibraciones y contactos accidentales. En el proyecto, esta caja permite resguardar la PCB y los componentes, facilitando su instalación segura dentro del vehículo.

Figura 19

Caja de Proyecto Plástica Pequeña Utilizada para Alojar el Sistema de Alarma Vehicular



Nota. La figura muestra la caja de proyecto plástica pequeña utilizada para proteger y alojar los componentes electrónicos del sistema de alarma vehicular. Adaptación del autor (2025).

La elección de esta caja se fundamenta en su tamaño compacto, resistencia mecánica y facilidad de adaptación al espacio disponible en vehículos y motocicletas.

Cálculos Matemáticos y Análisis Eléctrico del Sistema de Alarma Vehicular Controlada por Bluetooth

Análisis del Voltaje de Alimentación del Sistema. Durante las pruebas experimentales realizadas al sistema de alarma vehicular se obtuvieron los siguientes valores de alimentación:

* Vehículo apagado: $V = 13.5 \text{ V}$

* Vehículo encendido o con switch activado: $V = 12.96 \text{ V}$

Interpretación. La disminución de voltaje se produce debido al consumo energético generado por el sistema al entrar en funcionamiento. Este comportamiento es normal en sistemas automotrices alimentados mediante batería de 12 V.

Consumo Total del Sistema. Sistema activado. La corriente total medida durante el funcionamiento completo de la alarma fue: $I = 0.833 \text{ A}$

Para calcular la potencia consumida se aplica la ecuación: $P = V \times I$

Sustituyendo los valores: $P = 12.96 \times 0.833$

Resultado: $P = 10.79 \text{ W}$

Interpretación. El sistema consume aproximadamente 10.8 W cuando se encuentra completamente activado, incluyendo: sirena, luces estacionarias, relés, transistores y módulo Bluetooth.

Consumo del Sistema en Reposo. En estado de espera la corriente medida fue:
 $I=0.031\text{A}$

Aplicando la ecuación de potencia: $P = 12.96 \times 0.031$

Resultado: $P = 0.40 \text{ W}$

Interpretación. El sistema presenta un bajo consumo energético en reposo, evitando una descarga significativa de la batería del vehículo.

Cálculo del Relé de Control Bluetooth. La resistencia de la bobina del relé fue: $R = 404 \Omega$

Aplicando Ley de Ohm: $I = V / R$

Sustituyendo los valores: $I = 12 / 404$

Resultado: $I = 0.029 \text{ A} - 29 \text{ mA}$

Potencia del Relé Bluetooth. Aplicando: $P = V \times I$

Sustituyendo los valores: $P = 12 \times 0.029$

Resultado: $P = 0.35 \text{ W}$

Interpretación. El relé presenta un bajo consumo de energía debido a su función de control electrónico.

Cálculo del Relé de Estacionarias. La resistencia de la bobina del relé de estacionarias fue: $R = 404 \Omega$

Aplicando Ley de Ohm: $I = 12 / 404$

Resultado: $I = 0.029 \text{ A}$

Potencia: $P = 12 \times 0.029$

Resultado: $P = 0.35 \text{ W}$

Cálculo del Relé Vehicular de Bloqueo. La resistencia de la bobina del relé vehicular fue: $R = 90 \Omega$

Aplicando: $I = 12 / 90$

Resultado: $I = 0.133 \text{ A} - 133 \text{ mA}$

Potencia del Relé Vehicular. Aplicando: $P = 12 \times 0.133$

Resultado: $P = 1.6 \text{ W}$

Interpretación. El relé vehicular consume una mayor corriente debido a que está diseñado para aplicaciones automotrices de potencia, como el bloqueo del motor del vehículo.

Consumo Total de Bobinas. La corriente total consumida por las bobinas de los relés es:

$$I_T = 29 \text{ mA} + 29 \text{ mA} + 133 \text{ mA}$$

Resultado: $I_T = 191 \text{ mA}$

Interpretación. Las bobinas representan únicamente una parte del consumo total del sistema, mientras que el resto corresponde a la sirena, iluminación y demás elementos electrónicos.

Análisis del Transistor 2N2222. Durante las pruebas experimentales se realizaron mediciones del transistor 2N2222 obteniendo los siguientes resultados:

Voltaje base-emisor: $V_{BE} = 0.46 \text{ V}$

Voltaje colector-emisor: $V_{CE} = 2.2 \text{ V}$

Los transistores de silicio normalmente entran en conducción completa cuando el voltaje base-emisor es cercano a 0.7 V .

Interpretación. El valor medido indica que el transistor opera en conducción parcial y no en saturación completa. Sin embargo, el voltaje restante aplicado a la bobina del relé continúa siendo suficiente para permitir su activación.

Análisis Estimado del Transistor TIP31C. El transistor TIP31C es utilizado como etapa de potencia para el control del relé vehicular encargado del bloqueo del motor.

Considerando la corriente calculada de la bobina: $I_C = 0.133 \text{ A}$ y el comportamiento típico del transistor en saturación, se estima: Voltaje base-emisor: $V_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$

Voltaje colector-emisor saturado: $V_{CE}(\text{sat}) \approx 0.2 \text{ V}$

Por lo tanto, el voltaje aplicado a la bobina del relé es aproximadamente: $V_{\text{bobina}} = 12 \text{ V} - 0.2 \text{ V}$

Resultado: $V_{\text{bobina}} = 11.8 \text{ V}$

Interpretación. El transistor TIP31C opera como interruptor electrónico de potencia, permitiendo energizar correctamente el relé vehicular encargado del bloqueo del sistema de encendido del vehículo.

Análisis de las Resistencias del Circuito. El circuito implementa resistencias de: $R = 1.2 \text{ k}\Omega$, las cuales cumplen funciones de: polarización de transistores, limitación de corriente, protección de componentes y control electrónico del sistema.

Cálculo de Corriente en las Resistencias. Aplicando Ley de Ohm: $I = V / R$

Considerando un voltaje aproximado de: $V = 12 \text{ V}$ y una resistencia de: $R = 1200 \Omega$ se obtiene: $I = 12 / 1200$

Resultado: $I = 0.01 \text{ A} - 10 \text{ mA}$

Potencia Disipada en las Resistencias. Aplicando: $P = V^2 / R$

Sustituyendo los valores. $P = 12^2 / 1200$

Resultado: $P = 0.12 \text{ W}$

Interpretación. Las resistencias utilizadas limitan adecuadamente la corriente de polarización de los transistores, garantizando estabilidad y protección del circuito.

Análisis del Condensador de $47 \mu\text{F}$. El sistema incorpora un condensador electrolítico de: $C = 47 \mu\text{F}$

El condensador cumple funciones de estabilización, filtrado, reducción de ruido eléctrico y retardo temporal en la activación del circuito.

Cálculo de Constante de Tiempo RC. La constante de tiempo se calcula mediante:

$$\tau = R \times C$$

Considerando: $R = 1.2 \text{ k}\Omega$ y $C = 47 \text{ }\mu\text{F}$

Sustituyendo: $\tau = 1200 \times 47 \times 10^{-6}$

Resultado: $\tau = 0.0564 \text{ s}$

o aproximadamente: 56 ms

Interpretación. La constante de tiempo obtenida permite estabilizar el comportamiento del circuito evitando activaciones erráticas generadas por ruido eléctrico automotriz.

Análisis de la Fotorresistencia (LDR). El circuito incorpora una fotorresistencia (LDR), utilizada para detectar variaciones de iluminación y controlar el comportamiento del indicador luminoso asociado al sistema Bluetooth. La resistencia del LDR varía dependiendo de la cantidad de luz recibida.

Funcionamiento del LDR en Presencia de Luz. Cuando el LDR recibe iluminación su resistencia disminuye, permitiendo mayor circulación de corriente. En condiciones de alta iluminación, un LDR típico puede presentar valores aproximados entre: $100 \text{ }\Omega$ y $1 \text{ k}\Omega$.

Funcionamiento del LDR en Oscuridad. Cuando el LDR se encuentra en ausencia de luz su resistencia aumenta, disminuyendo la circulación de corriente. En oscuridad, un LDR puede alcanzar valores aproximados entre: $100 \text{ k}\Omega$ y $1 \text{ M}\Omega$.

Análisis Eléctrico del LDR. El comportamiento del sensor puede analizarse mediante: $I = V / R$

Interpretación. Al disminuir la resistencia del LDR aumenta la corriente del circuito. Al aumentar la resistencia disminuye la corriente. Esto permite que el sistema responda automáticamente a las condiciones de iluminación del entorno.

En general, los resultados experimentales y matemáticos obtenidos demuestran que el sistema de alarma vehicular controlado por Bluetooth presenta un funcionamiento estable y adecuado para aplicaciones automotrices. Los cálculos realizados permitieron analizar consumo energético, comportamiento de relés, funcionamiento de transistores, polarización electrónica, control de potencia, comportamiento resistivo, filtrado capacitivo y respuesta del sensor LDR.

El análisis confirma que el diseño electrónico implementado cumple correctamente las funciones de monitoreo, activación y protección del vehículo mediante tecnología Bluetooth

Justificación del Uso del Módulo Bluetooth con Chip YC1089

La selección del módulo Bluetooth basado en el chip YC1089 se fundamenta en su desempeño técnico, estabilidad de conexión y facilidad de integración en circuitos electrónicos de control, características que lo convierten en una alternativa adecuada para sistemas de seguridad vehicular basados en proximidad.

Durante las pruebas realizadas en el desarrollo del prototipo, este módulo evidenció la capacidad de establecer enlaces con dispositivos móviles en tiempos inferiores a un segundo, lo cual representa un factor crítico en sistemas de alarma vehicular, donde la rapidez de respuesta influye directamente en la efectividad del mecanismo de protección (García et al., 2020).

Adicionalmente, el módulo presenta una alta compatibilidad con diferentes marcas y sistemas operativos de dispositivos móviles, lo que permite su uso sin restricciones significativas en el proceso de emparejamiento. Esta característica favorece la usabilidad del sistema, al garantizar que el dispositivo móvil del usuario pueda funcionar como una “llave digital” sin requerimientos técnicos adicionales (Hernández & López, 2019).

En términos energéticos, el chip YC1089 opera en un rango de voltaje aproximado entre 2.1 V y 5.5 V, lo que contribuye a un consumo eficiente de energía. Este aspecto es

especialmente relevante en aplicaciones automotrices, ya que permite reducir el impacto sobre la batería del vehículo y mejorar la confiabilidad general del sistema.

En comparación con otros módulos Bluetooth de uso común, como el HC-05 y HC-06, el YC1089 presenta mejoras en la estabilidad de la conexión y en la eficiencia en la transmisión de datos, lo que se traduce en un desempeño más confiable en condiciones reales de operación (Rodríguez, 2021). Asimismo, su implementación no requiere configuraciones complejas, facilitando el diseño del circuito y reduce la probabilidad de fallos asociados a errores de integración.

En este sentido, la selección del módulo Bluetooth con chip YC1089 responde a criterios de eficiencia, confiabilidad, compatibilidad y simplicidad de implementación, consolidándose como el elemento central del sistema de control basado en proximidad. Su incorporación permite garantizar un funcionamiento estable del prototipo y contribuye al cumplimiento de los requerimientos técnicos y funcionales definidos para el sistema de alarma vehicular propuesto.

Seguridad y Vulnerabilidad del Sistema

En cuanto a la seguridad del sistema, el proyecto incorpora mecanismos de protección asociados al funcionamiento propio del módulo Bluetooth utilizado. El acceso al sistema requiere un proceso previo de vinculación entre el teléfono móvil autorizado y el módulo Bluetooth, el cual emplea una clave de emparejamiento establecida por el fabricante. Esto limita el acceso únicamente a dispositivos previamente autorizados.

El sistema no permite múltiples conexiones activas simultáneamente. El módulo Bluetooth mantiene únicamente una conexión por vez, por lo que para que un nuevo dispositivo pueda conectarse, el anterior debe encontrarse desconectado o fuera del rango de cobertura. Esta característica reduce la posibilidad de accesos simultáneos no autorizados.

Respecto a posibles vulnerabilidades asociadas a la comunicación Bluetooth, como intentos de interferencia o bloqueo de señal mediante inhibidores, el comportamiento del sistema actúa como una medida de seguridad adicional. Debido a que el funcionamiento de la alarma depende de la presencia de la conexión Bluetooth entre el celular autorizado y el vehículo, cualquier pérdida intencional o accidental de la señal genera automáticamente la activación del sistema de bloqueo del motor o apagado del vehículo. Por esta razón, el uso de inhibidores de señal no desactiva la alarma ni permite mantener el vehículo encendido, sino que provoca el efecto contrario: la interrupción del funcionamiento del sistema vehicular.

De igual manera, al tratarse de un sistema interno instalado dentro del vehículo, la comunicación y el control principal no dependen de dispositivos externos visibles, reduciendo la posibilidad de manipulación directa sobre el sistema electrónico.

Aunque el proyecto no implementa métodos avanzados de cifrado ni protocolos robustos de autenticación, las características de emparejamiento, conexión única y reacción automática ante pérdida de señal proporcionan un nivel básico de seguridad funcional acorde con el alcance del prototipo desarrollado.

El sistema considera diferentes situaciones que pueden ocasionar la pérdida de conexión Bluetooth durante el funcionamiento del vehículo, incluyendo casos como desconexiones accidentales, agotamiento de batería del teléfono móvil o interrupciones temporales de comunicación.

Cuando el vehículo se encuentra en marcha y el sistema detecta la pérdida de conexión con el dispositivo móvil autorizado, se activa inmediatamente una señal de advertencia compuesta por el encendido del LED indicador, la activación de las luces estacionarias y la sirena de alerta. Posteriormente, el sistema inicia un temporizador de seguridad de

aproximadamente cinco segundos antes de realizar el apagado del vehículo. Este intervalo permite que el conductor tenga tiempo de reaccionar y detener el vehículo de manera controlada, evitando apagados instantáneos que puedan representar un riesgo durante la conducción.

Como mecanismo adicional de seguridad y respaldo operativo, el sistema incorpora un interruptor manual oculto estratégicamente dentro del vehículo, cuya ubicación únicamente conoce el usuario autorizado. Este interruptor permite desactivar temporalmente la alarma en situaciones excepcionales, como la descarga de la batería del teléfono móvil o fallas inesperadas del dispositivo Bluetooth.

La implementación de este control manual funciona como un protocolo básico de “failsafe”, garantizando que el usuario pueda mantener la operatividad del vehículo mientras soluciona el inconveniente presentado con el dispositivo móvil. De esta manera, el sistema combina la automatización del bloqueo electrónico con una alternativa manual de respaldo que mejora la confiabilidad general del prototipo.

Funcionamiento General del Circuito

Como resultado de la fase de desarrollo, se logró la implementación de un prototipo funcional de sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth, capaz de detectar la conexión y desconexión del dispositivo móvil autorizado y accionar el relé encargado del control del sistema de encendido del vehículo.

El funcionamiento del circuito se basa en la detección de la conexión Bluetooth entre el módulo y el dispositivo móvil. Cuando el dispositivo autorizado se encuentra dentro del rango de alcance, el sistema permite el paso de corriente mediante la activación del relé. En contraste, al perderse la conexión, el sistema interrumpe automáticamente el suministro de energía, generando el bloqueo del vehículo como mecanismo de seguridad.

Especificaciones Técnicas del Sistema

Las especificaciones técnicas del sistema de alarma vehicular se establecieron con el propósito de definir las condiciones de funcionamiento, los parámetros eléctricos y operativos, así como los límites de desempeño del prototipo desarrollado. Estas especificaciones permiten garantizar la coherencia entre el diseño propuesto y su aplicación en un entorno vehicular real.

Especificaciones Eléctricas. El sistema opera a partir de la fuente de alimentación del vehículo, con un voltaje nominal de 12 V DC. Para el funcionamiento adecuado de los componentes electrónicos, se emplean elementos de regulación y acondicionamiento que permiten adaptar los niveles de tensión requeridos por el módulo Bluetooth y los dispositivos de control.

- Voltaje de alimentación del sistema: 12 V DC
- Voltaje de operación del módulo Bluetooth: 3.3 V – 5 V
- Voltaje de activación del relé: 12 V DC
- Consumo estimado del sistema: bajo, acorde a dispositivos de comunicación de corto alcance

Especificaciones de Comunicación. El sistema utiliza tecnología Bluetooth como medio de comunicación inalámbrica para la detección de proximidad del dispositivo móvil autorizado.

- Tipo de comunicación: Bluetooth clásico
- Alcance efectivo: aproximadamente 8 a 10 metros en condiciones estándar
- Tiempo de emparejamiento: menor a 1 segundo
- Tipo de conexión: punto a punto (dispositivo móvil – módulo Bluetooth)

El sistema desarrollado no utiliza una aplicación móvil ni una interfaz de usuario dedicada para la gestión de dispositivos Bluetooth. El proceso de emparejamiento se realiza

directamente desde la configuración Bluetooth del teléfono móvil, donde el usuario activa el Bluetooth del celular, enciende el módulo Bluetooth del sistema y realiza la búsqueda del dispositivo disponible llamado AB Shutter3. Una vez detectado, se procede al emparejamiento mediante una clave de acceso de cuatro dígitos proporcionada por el propio módulo Bluetooth en conjunto con el dispositivo móvil.

El sistema permite el emparejamiento de múltiples teléfonos móviles; sin embargo, debido a las limitaciones propias del módulo Bluetooth utilizado, solo puede mantenerse una conexión activa a la vez. Para vincular un nuevo dispositivo, es necesario desactivar previamente el Bluetooth del teléfono actualmente conectado, permitiendo que el módulo vuelva a estar disponible para un nuevo proceso de emparejamiento. Este procedimiento se repite para cada dispositivo adicional que se desee registrar.

El sistema permite el emparejamiento de múltiples teléfonos móviles; sin embargo, el módulo Bluetooth solo mantiene una conexión activa a la vez. Cuando un dispositivo conectado pierde la señal o se desconecta, el módulo automáticamente busca y establece conexión con otro teléfono que ya haya sido previamente emparejado y se encuentre dentro del alcance de comunicación. Este proceso se realiza de manera automática y sucesiva con los diferentes usuarios registrados en el sistema, siempre que estos tengan el Bluetooth activado y disponible para la conexión.

El módulo YC1089 incorpora de fábrica un mecanismo de emparejamiento mediante clave, el usuario realiza el emparejamiento desde la configuración Bluetooth del celular, y el circuito análogo únicamente utiliza el estado de conexión/desconexión como señal de control.

Especificaciones Funcionales. El funcionamiento del sistema se basa en la detección de la conexión Bluetooth para la activación o desactivación del sistema de seguridad vehicular.

- Activación automática del sistema al perder la conexión Bluetooth
- Desactivación automática al restablecer la conexión con el dispositivo autorizado
- Control del encendido del vehículo mediante relé electromecánico
- Generación de alertas mediante sirena y señalización LED

Especificaciones de Operación. El sistema fue diseñado para operar en condiciones típicas del entorno vehicular, considerando factores como vibraciones, variaciones de temperatura y posibles interferencias eléctricas.

- Temperatura de operación: acorde a componentes electrónicos estándar
- Resistencia a vibraciones: garantizada mediante montaje en PCB y encapsulado
- Protección eléctrica: uso de diodos y condensadores para evitar daños por picos de voltaje

Limitaciones del Sistema. A pesar de su funcionalidad, el sistema presenta algunas limitaciones propias de su diseño:

- Dependencia del rango de conexión Bluetooth
- Posible interferencia en entornos con alta saturación de señales
- Ausencia de comunicación remota fuera del alcance establecido

C. Subfase Implementación

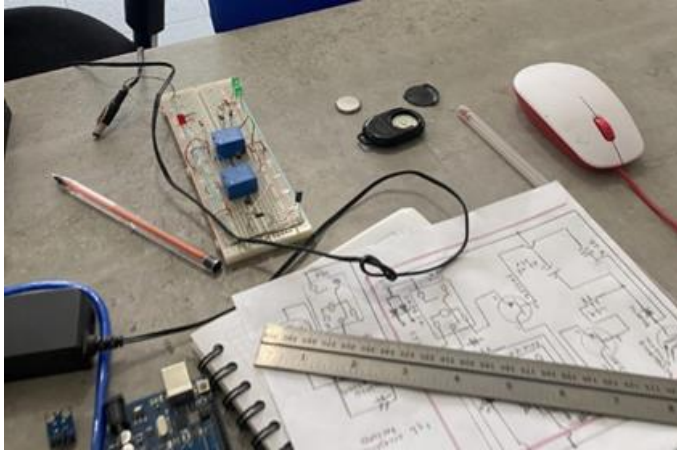
En esta subfase se describe el proceso de implementación del sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth, el cual incluye el ensamblaje inicial del prototipo en protoboard, las pruebas de funcionamiento preliminares, el diseño y fabricación de la tarjeta de circuito impreso (PCB), así como el ensamblaje final del sistema. Esta etapa permite validar en la práctica el diseño propuesto, verificar la correcta interacción entre los componentes electrónicos y ajustar el sistema con base en los resultados obtenidos durante las pruebas experimentales.

Ensamblaje del Prototipo en Protoboard. El ensamblaje del prototipo del sistema de alarma vehicular se realizó inicialmente sobre una protoboard, con el propósito de validar el funcionamiento de los componentes seleccionados antes de su implementación definitiva en una placa de circuito impreso (PCB). Este tipo de montaje permitió desarrollar pruebas experimentales sin necesidad de soldadura, facilitando la modificación, ajuste y corrección del diseño durante la fase de desarrollo. Como resultado, el sistema presentó un comportamiento estable, sin evidenciar fallas eléctricas ni sobrecalentamientos en los componentes utilizados.

El montaje inicial incluyó la interconexión del módulo Bluetooth basado en el chip YC1089, la etapa de conmutación conformada por transistores, el relé electromecánico encargado del control del encendido del vehículo, así como los dispositivos de señalización, tales como el LED y la sirena. De igual manera, se integraron los componentes pasivos necesarios, como resistencias, condensadores y diodos, los cuales garantizan la correcta polarización, estabilidad y protección del circuito. En la Figura 19 se presenta el proceso de ensamblaje del prototipo en protoboard, donde se evidencian las conexiones realizadas entre los diferentes componentes del sistema.

Figura 20

Ensamblaje del Prototipo del Sistema de Alarma Vehicular en Protoboard



Nota. La figura presenta el ensamblaje del prototipo del sistema de alarma vehicular sobre una protoboard, mostrando la disposición e interconexión de los componentes electrónicos durante la etapa de pruebas. Elaboración propia.

Durante esta etapa se llevaron a cabo pruebas de validación funcional, verificando la correcta activación y desactivación del sistema en función de la conexión Bluetooth con el dispositivo móvil autorizado. Asimismo, se evaluó la respuesta del circuito ante variaciones en la conexión, comprobando el comportamiento esperado del relé y los dispositivos de salida.

Se identificaron algunas limitaciones asociadas al uso de la protoboard, especialmente relacionadas con la estabilidad de las conexiones. En particular, se observó que el uso de cables de conexión inadecuados o el empleo de diferentes dispositivos de alimentación podía generar fallos en la conectividad del sistema, afectando su funcionamiento. Estas situaciones evidencian la importancia de un montaje más robusto, lo cual justifica la posterior implementación del circuito en una PCB para mejorar la confiabilidad del sistema.

Diseño y Fabricación de la PCB. Tras validar el funcionamiento del circuito en protoboard, se procedió al diseño de la placa de circuito impreso (PCB) utilizando el software Proteus. En esta etapa se optimizó la disposición de los componentes y el trazado de las pistas, con el fin de mejorar la confiabilidad eléctrica y reducir el espacio físico requerido por el sistema.

El diseño de la PCB se realizó considerando los siguientes criterios:

- Distribución compacta y ordenada de los componentes electrónicos.
- Minimización de cruces innecesarios de pistas para evitar interferencias eléctricas.
- Identificación clara de conectores, borneras y puntos de alimentación para facilitar el ensamblaje y el mantenimiento del sistema.

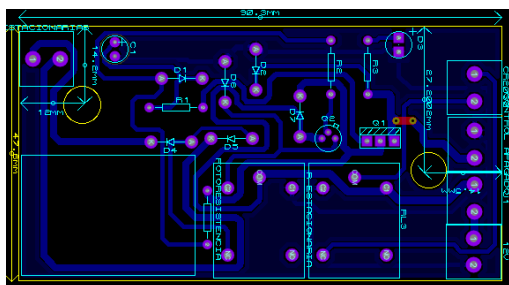
Posteriormente, se llevó a cabo el ruteo de pistas, estableciendo las conexiones eléctricas entre los diferentes componentes del circuito de manera eficiente y segura.

Finalmente, la PCB fue fabricada mediante métodos apropiados, permitiendo obtener una versión física del circuito lista para el ensamblaje definitivo.

PCB (Placa de Circuito Impreso). La placa de circuito impreso (PCB) constituye la base física sobre la cual se montan y conectan los diferentes componentes electrónicos del sistema mediante pistas de cobre. Su uso permite una disposición ordenada, compacta y confiable de los circuitos, reduciendo errores de conexión y mejorando la estabilidad eléctrica del sistema. La PCB diseñada para este proyecto facilita la integración del módulo Bluetooth, los dispositivos de conmutación y los elementos de protección eléctrica.

Figura 21

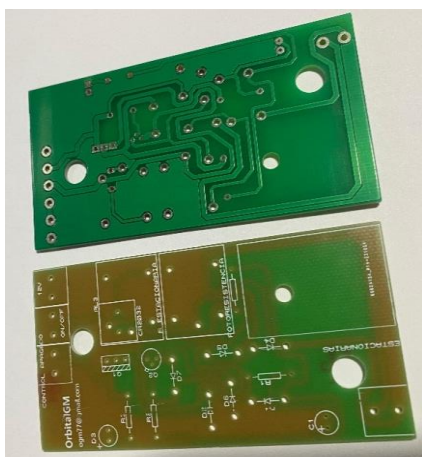
Diseño de la PCB en Proteus: Ruteo de Pistas y Vista 3D del Ensamblaje



Nota. La figura presenta el diseño de la placa de circuito impreso (PCB), incluyendo la distribución de los componentes, el ruteo de pistas y la visualización tridimensional del ensamblaje previo a su fabricación. Elaboración propia en el software Proteus.

Figura 22

PCB Diseñada para la Integración del Sistema de Alarma Vehicular



Nota. La figura muestra la placa de circuito impreso (PCB) diseñada para la integración de los componentes electrónicos del sistema de alarma vehicular. Elaboración propia

Ensamblaje Previo a la PCB Definitiva. Antes de implementar la versión final en la PCB, se realizó un montaje semi-definitivo del sistema utilizando una placa de prueba, en la cual los componentes fueron soldados siguiendo el esquema previamente validado en protoboard.

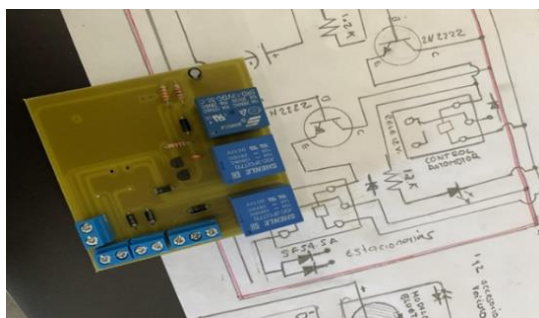
Este paso intermedio tuvo como finalidad:

- Contar con una versión más estable y compacta para las pruebas finales.
- Reducir el riesgo de falsos contactos comunes en la protoboard.
- Evaluar la organización del cableado y el espacio físico requerido en el vehículo.
- Realizar ajustes finales en la distribución y conexiones del circuito.

Esta etapa permitió optimizar el diseño antes de su implementación definitiva, mejorando la estabilidad y confiabilidad del sistema. El uso de esta placa de prueba resultó ser una etapa esencial dentro del proceso, ya que funcionó como un puente entre la fase experimental (protoboard) y la implementación final en la PCB, permitiendo optimizar la disposición de los componentes, reducir el ruido eléctrico, mejorar la estabilidad del circuito y garantizar un sistema más robusto y confiable para las pruebas posteriores.

Figura 23

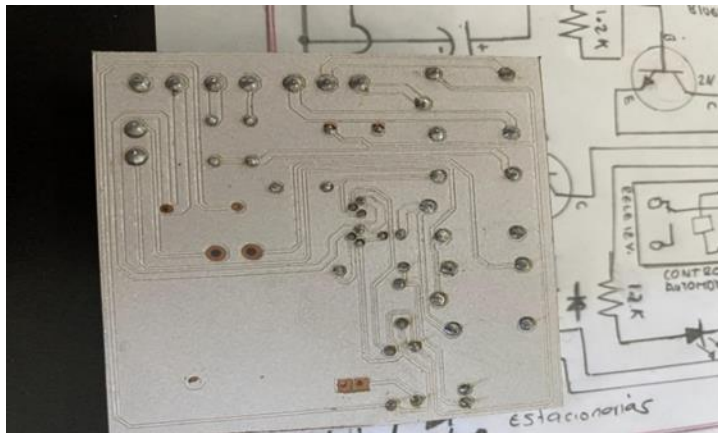
Montaje del Circuito en Placa de Prueba (PCB Perforada)



Nota. Se presenta el montaje del circuito en una placa de prueba (PCB perforada), evidenciando las conexiones soldadas y la disposición de los componentes electrónicos para la validación funcional del sistema antes de la implementación en la PCB definitiva. Elaboración propia.

Figura 24

Montaje Semi-Definitivo del Sistema en Placa de Prueba



Nota. La figura presenta el montaje semi-definitivo del sistema en una placa de prueba, utilizado para validar el funcionamiento y la estabilidad del circuito antes de su fabricación en la PCB definitiva. Elaboración propia.

Alcance Preliminar y Desempeño del Sistema. Las pruebas iniciales realizadas en laboratorio permitieron determinar el comportamiento del sistema en términos de conectividad y respuesta.

Se evidenció que el módulo Bluetooth mantiene una comunicación estable dentro de un rango aproximado de 20 a 30 metros en condiciones de línea de vista, lo cual resulta adecuado para aplicaciones de seguridad vehicular. Asimismo:

- La etapa de potencia respondió de manera adecuada, activando y desactivando el relé sin fallas.
- Los indicadores visuales (LED) y sonoros (sirena) permitieron identificar el estado del sistema en tiempo real.
- El tiempo de respuesta del sistema fue inmediato tras la conexión o desconexión del dispositivo móvil.

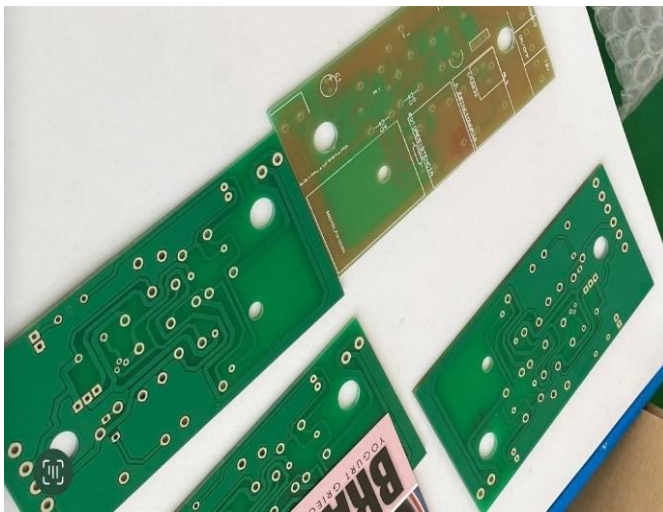
Ensamblaje Final del Sistema. Una vez fabricada la PCB definitiva, se procedió a la soldadura y ensamblaje final de los componentes electrónicos del sistema de alarma vehicular.

Durante esta etapa se verificó la correcta polaridad de los componentes sensibles, como diodos, condensadores y transistores, así como la calidad de las uniones soldadas, con el fin de garantizar una adecuada conductividad eléctrica y evitar fallos por falsos contactos.

Asimismo, se organizó el cableado, conectores y borneras de manera estructurada, permitiendo un diseño limpio, seguro y funcional.

Figura 25

PCB Definitiva Fabricada para el Sistema de Alarma Vehicular

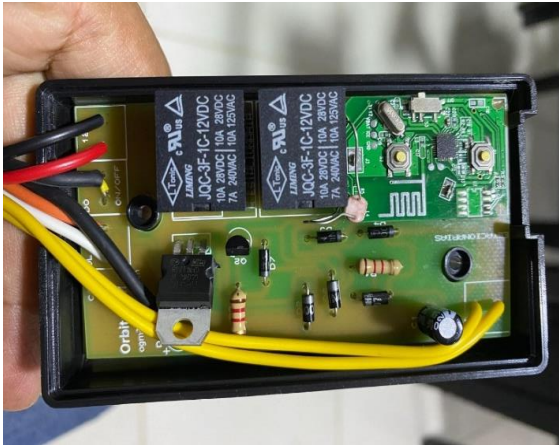


Nota. La figura muestra la placa de circuito impreso (PCB) definitiva fabricada para el sistema de alarma vehicular, lista para el ensamblaje final de los componentes electrónicos. Elaboración propia.

Posteriormente, el sistema fue integrado dentro de una caja protectora, facilitando su instalación en el vehículo y protegiéndolo frente a condiciones externas.

Figura 26

Ensamblaje Final del Prototipo en Caja de Proyecto: Vista Interna del Módulo



Nota: La figura presenta el ensamblaje final del prototipo en la caja de proyecto, mostrando la integración y disposición de los componentes electrónicos en el interior del módulo. Elaboración propia.

Finalmente, el prototipo fue acondicionado con su arnés de conexión para su implementación en condiciones reales.

Figura 27

Prototipo Terminado con Arnés de Conexión Listo para Instalación en Vehículo



Nota. La figura muestra el prototipo final del sistema de alarma vehicular con su arnés de conexión, listo para su instalación y funcionamiento en el vehículo. Elaboración propia.

Medición de Resultados de la Fase. La medición de esta fase se realizó mediante la obtención de un prototipo funcional del sistema de alarma vehicular. Como indicadores de cumplimiento se consideraron los siguientes:

- La correcta integración de los componentes electrónicos.
- El funcionamiento del sistema de comunicación Bluetooth.
- La activación y desactivación del sistema a partir de la proximidad del dispositivo móvil autorizado.
- La respuesta adecuada de la etapa de potencia (relé).

Conclusión de la Fase. Los resultados obtenidos en esta fase confirman la viabilidad técnica del sistema propuesto, evidenciando que es posible implementar un mecanismo de seguridad vehicular basado en tecnología Bluetooth que funcione de manera automática, estable y confiable.

El prototipo desarrollado permitió validar la interacción entre los diferentes componentes electrónicos, así como el principio de funcionamiento basado en proximidad, constituyendo una base sólida para su evaluación en condiciones reales de operación en la fase siguiente.

Fase 3. Pruebas de Funcionamiento

Esta fase da respuesta al objetivo específico 3, orientado a evaluar el desempeño del sistema de alarma vehicular frente a distintas condiciones de operación, considerando variables como distancia de conexión, tiempo de respuesta, estabilidad del sistema y comportamiento energético.

Pruebas de Laboratorio

Una vez finalizado el ensamblaje del prototipo, se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento en condiciones controladas de laboratorio, con el objetivo de evaluar la

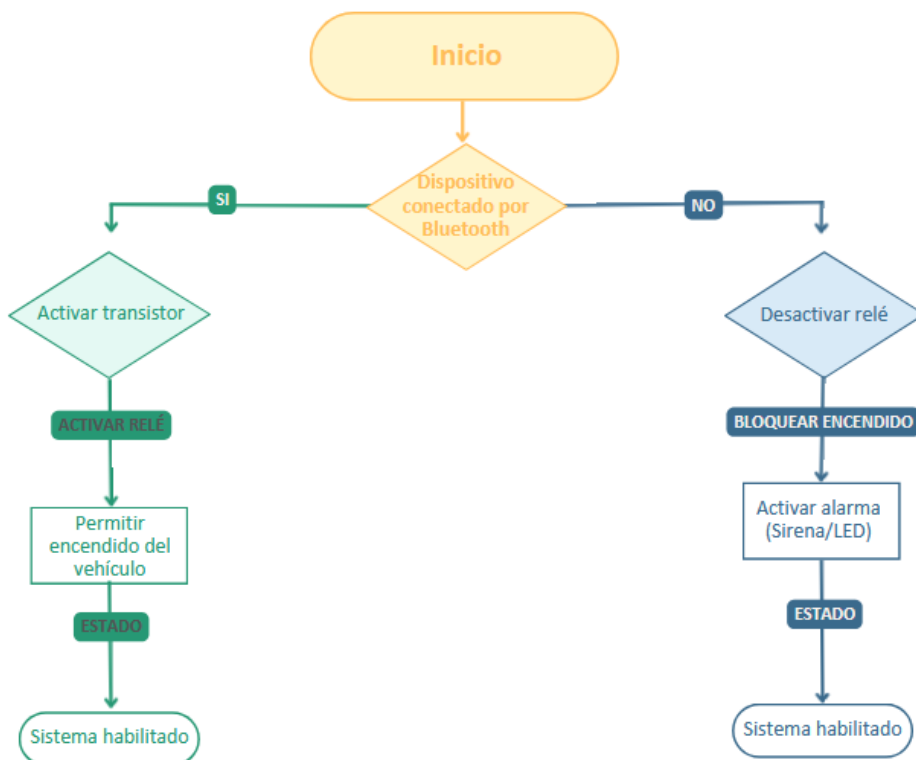
interacción entre el módulo Bluetooth, la etapa de control, el relé y los dispositivos de señalización del sistema. Para el desarrollo de las pruebas, se utilizó una fuente de alimentación de 12 V para simular la batería del vehículo, garantizando condiciones similares a un entorno real de operación.

El procedimiento consistió en vincular un teléfono móvil autorizado al módulo Bluetooth del sistema y observar la respuesta del circuito ante la activación y desactivación de la conexión inalámbrica. Cuando el dispositivo móvil se encontraba dentro del rango de comunicación, el módulo Bluetooth establecía el enlace y generaba la señal necesaria para activar el transistor, el cual a su vez energizaba el relé vehicular, permitiendo el paso de corriente hacia el sistema de encendido simulado. Al perderse la conexión Bluetooth, el sistema desactivaba el relé, interrumpiendo el suministro de energía. Este comportamiento permitió verificar el principio de funcionamiento basado en proximidad y la respuesta automática del sistema ante la presencia o ausencia del dispositivo autorizado.

En este sentido, el comportamiento lógico del sistema durante las pruebas se representa en la Figura 24, donde se ilustra el proceso de activación y desactivación del sistema en función del estado de conexión Bluetooth con el dispositivo móvil autorizado.

Figura 28

Diagrama de Funcionamiento del Sistema Basado en Conexión y Desconexión Bluetooth



Nota. La figura muestra el prototipo final del sistema de alarma vehicular con su arnés de conexión, listo para su instalación y funcionamiento en el vehículo. Elaboración propia.

Variables evaluadas. Durante las pruebas se analizaron las siguientes variables:

- Alcance de conexión: distancia máxima a la cual se mantiene el enlace Bluetooth.
- Tiempo de respuesta: intervalo entre la conexión/desconexión y la activación del relé.
- Estabilidad del sistema: continuidad de funcionamiento sin interrupciones o fallos.
- Consumo energético: comportamiento del sistema bajo alimentación continua.

Procedimiento de prueba. A continuación, se describe el procedimiento paso a paso.

- Vinculación del teléfono móvil autorizado al módulo Bluetooth.

- Simulación del sistema de encendido del vehículo mediante un circuito de prueba.
- Activación y desactivación del sistema a partir de la conexión Bluetooth.
- Registro de la respuesta del sistema en cada ensayo.
- Repetición del proceso a diferentes distancias.

Tabla 3*Características de las Pruebas*

Característica	Detalle
Número de pruebas	10 ensayos de conexión y desconexión
Alcance probado	De 1 a 10 metros en línea de visión
Dispositivo usado	Teléfono Android con Bluetooth 5.0
Tipo de prueba	Funcional y de estabilidad de comunicación
Condiciones ambientales	Laboratorio cerrado, temperatura ~25 °C

Nota. La tabla presenta las características y condiciones bajo las cuales se realizaron las pruebas de funcionamiento del sistema de alarma vehicular, incluyendo el número de ensayos, el alcance evaluado, el dispositivo utilizado y las condiciones del entorno. Elaboración propia

El sistema permite el emparejamiento exclusivo con un dispositivo móvil autorizado, restringiendo conexiones simultáneas con otros dispositivos, lo cual fortalece la seguridad del sistema y evita accesos no autorizados.

Resultados de Pruebas de Laboratorio

Las pruebas de laboratorio se realizaron con el fin de evaluar el comportamiento del sistema en condiciones controladas, considerando variables como alcance, tiempo de respuesta, estabilidad y consumo energético. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Conexiones exitosas: 10 de 10 intentos (100%)
- Tiempo de respuesta promedio: 0,5 segundos
- Alcance máximo confiable: 8 a 10 metros en línea de vista

- Estabilidad: sin interferencias ni desconexiones inesperadas
- Funcionamiento correcto de sirena y LEDs en el 100% de las pruebas
- Análisis de desempeño en laboratorio

Los resultados evidencian que el sistema presenta un comportamiento estable y confiable. El tiempo de respuesta inferior a un segundo garantiza una reacción inmediata ante cambios en la conexión Bluetooth.

En relación con el alcance, se observó que la comunicación se mantiene estable hasta aproximadamente 10 metros. A distancias mayores, se produce la pérdida progresiva de la señal, lo que activa automáticamente el bloqueo del sistema de encendido, validando el principio de funcionamiento basado en proximidad.

En cuanto al consumo energético, el sistema mostró un comportamiento eficiente, con bajo consumo en estado de reposo y un incremento leve durante la activación del relé y los dispositivos de alerta. Adicionalmente, se comprobó que el sistema permite la conexión exclusiva con un único dispositivo previamente emparejado, fortaleciendo la seguridad frente a accesos no autorizados.

Pruebas en Campo

Objetivo: Comprobar la efectividad y confiabilidad del prototipo en condiciones reales de uso, evaluando su desempeño frente a distintas distancias, condiciones ambientales y escenarios de operación vehicular.

Instalación en el Vehículo. El sistema fue instalado en una motocicleta y un automóvil con el fin de evaluar su funcionamiento en diferentes tipos de vehículos. La placa de circuito impreso (PCB) y los componentes electrónicos fueron alojados dentro de una caja de proyecto plástica, garantizando su protección frente a vibraciones, polvo y condiciones propias del entorno

vehicular. La integración se realizó conectando el sistema al circuito de encendido del vehículo mediante el relé, permitiendo controlar el paso de corriente en función de la conexión Bluetooth con el dispositivo móvil autorizado.

Condiciones de Prueba. Las pruebas se realizaron en condiciones reales de operación, considerando los siguientes parámetros:

- Distancias entre 1 y 10 metros
- Presencia de obstáculos parciales (paredes, carrocería del vehículo)
- Temperatura ambiente aproximada de 27 °C
- Entorno abierto y semiurbano

Base Experimental. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Alcance de conexión
- Tiempo de activación y desactivación
- Estabilidad de la señal
- Funcionamiento de los dispositivos de alerta (sirena y LED)

Equipos Utilizados. Se utilizaron los siguientes equipos:

- Teléfono móvil con tecnología Bluetooth 5.0
- Cronómetro
- Cinta métrica
- Motocicleta
- Automóvil

Número de Pruebas. Se realizaron 15 ensayos por vehículo para un total de 30 pruebas.

Procedimiento de Prueba. Se describe el paso a paso del procedimiento a continuación.

- Vinculación del dispositivo móvil autorizado al módulo Bluetooth del sistema.

- Verificación de la activación del vehículo al establecer la conexión.
- Alejamiento progresivo del dispositivo móvil para evaluar la desconexión.
- Registro del tiempo de respuesta del sistema ante cambios de estado.
- Evaluación del funcionamiento del relé, sirena y LED.
- Repetición del procedimiento en diferentes distancias y posiciones para validar

consistencia.

Evaluación del Funcionamiento. Las pruebas se enfocaron en analizar el comportamiento del sistema frente a la proximidad del usuario autorizado, verificando su capacidad para activar o desactivar el encendido del vehículo de manera automática. Se evaluó especialmente:

- La respuesta del sistema ante la pérdida de conexión Bluetooth
- La estabilidad del funcionamiento en condiciones reales
- La confiabilidad del sistema como mecanismo de seguridad vehicular.

Resultados de Pruebas en Campo

Con el propósito de validar el comportamiento del sistema en condiciones reales, se realizaron pruebas en una motocicleta y un automóvil. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Motocicleta

- 15 de 15 conexiones exitosas (100%)
- Alcance máximo: 8 m
- Tiempo de respuesta: 0,6 s

Automóvil

- 15 de 15 conexiones exitosas (100%)

- Alcance máximo: 7,5 m
- Tiempo de respuesta: 0,7 s

Tabla 4*Resultados de Pruebas de Campo*

Vehículo	Número de pruebas	Conexiones exitosas	Alcance máximo (m)	Tiempo de respuesta (s)	Observaciones
Motocicleta	15	15/15 (100%)	8	0,6	Sistema estable, funcionamiento correcto de sirena y LEDs
Automóvil	15	15/15 (100%)	7,5	0,7	Respuesta rápida y confiable, sin interferencias

Nota. La tabla presenta los resultados obtenidos durante las pruebas de campo realizadas en una motocicleta y un automóvil, incluyendo el número de ensayos, las conexiones exitosas, el alcance máximo, el tiempo de respuesta y las observaciones del funcionamiento del sistema de alarma vehicular. Elaboración propia.

Tabla 5*Tiempos de Prueba de Conexión y Desconexión del Sistema*

Evento evaluado	Tiempo promedio
Emparejamiento inicial del dispositivo	2 s
Detección de pérdida de señal Bluetooth	1 s
Activación de alerta sonora y visual	Inmediata
Temporizado de seguridad previo al bloqueo	5 s
Activación del relé de bloqueo	5 – 6 s
Reconexión automática del sistema	0.5 – 1 s

Nota. La tabla presenta los tiempos promedio registrados durante las pruebas de conexión, desconexión y respuesta del sistema de alarma vehicular, correspondientes a las diferentes etapas de funcionamiento evaluadas. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos evidencian un comportamiento estable y una respuesta rápida del sistema ante eventos de conexión y desconexión Bluetooth. El tiempo de reconexión registrado permitió restablecer la comunicación entre el dispositivo móvil autorizado y el sistema vehicular en intervalos inferiores a un segundo en la mayoría de las pruebas realizadas.

Análisis de Desempeño en Campo. El sistema presentó un comportamiento estable en ambos vehículos, evidenciando una ligera variación en el alcance y tiempo de respuesta, atribuida a factores como la presencia de estructuras metálicas (carro), interferencias del entorno y ubicación del módulo dentro del vehículo.

A pesar de estas variaciones, el sistema mantuvo una operación confiable en todos los ensayos realizados.

Figura 29

Instalación del Sistema en Motocicleta para Pruebas en Campo



Nota. La figura presenta la instalación del sistema de alarma vehicular en una motocicleta para la realización de pruebas de funcionamiento en condiciones reales. Elaboración propia.

Análisis del Comportamiento por Distancia (Histéresis)

Los resultados obtenidos evidencian la existencia de un comportamiento con histéresis en el sistema, lo cual mejora su estabilidad operativa (Tabla 6).

Tabla 6

Comportamiento del Sistema según Distancia

Estado del usuario	Distancia (m)	Comportamiento del sistema
Usuario cerca	5 m	Motor activado, alarma desactivada
Usuario cerca	10 m	Motor activado, alarma desactivada
Usuario lejos	20 m	Motor desactivado, alarma activada
Usuario acercándose	15 m	Motor desactivado, alarma activada
Usuario acercándose	10 m	Motor desactivado, alarma activada
Usuario acercándose	5 m	Motor activado, alarma desactivada

Nota. La tabla presenta el comportamiento del sistema de alarma vehicular en función de la distancia entre el usuario y el vehículo, indicando el estado del motor y de la alarma durante las pruebas de funcionamiento. Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla 6, se identificaron dos umbrales de operación:

- Desactivación del sistema (alejamiento): ~20 m
- Activación del sistema (acercamiento): ~5 m

Este margen evita activaciones y desactivaciones constantes causadas por fluctuaciones en la señal Bluetooth, mejorando la estabilidad del sistema.

Conclusión de la Fase

Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio y campo validan la viabilidad técnica y operativa del sistema, y confirman que el sistema de alarma vehicular basado en Bluetooth cuenta con las siguientes características:

- Funciona de manera estable y confiable.
- Presenta un tiempo de respuesta rápido (<1 s).
- Opera correctamente en condiciones reales de uso.
- Implementa de forma efectiva el control por proximidad.
- Evita comportamientos erráticos gracias al margen de histéresis.

Análisis de Viabilidad del Sistema

Ventajas del Sistema

- Bajo costo de implementación.
- Facilidad de instalación en vehículos.
- Eliminación de llaves físicas (llave digital).
- Respuesta automática basada en proximidad.
- Bajo consumo energético.
- Alta aceptación por parte de los usuarios.

Limitaciones Identificadas

- Alcance limitado de la tecnología Bluetooth.
- Posibles interferencias en entornos con alta densidad de señales.
- Dependencia del dispositivo móvil del usuario.
- Variaciones en el rendimiento según el tipo de vehículo.

Concurrencia de Conexiones Bluetooth y Limitaciones del Dispositivo Móvil

El sistema de alarma vehicular fue diseñado para trabajar mediante conexión Bluetooth entre el módulo instalado en el vehículo y dispositivos móviles previamente autorizados. La conexión principal se realiza con un solo celular a la vez; sin embargo, el sistema permite tener varios dispositivos previamente vinculados en el teléfono móvil autorizado.

Cuando el celular principal pierde la conexión debido a distancia, apagado del dispositivo o pérdida de señal, el sistema puede conectarse automáticamente a otro dispositivo autorizado que se encuentre dentro del rango de cobertura Bluetooth. Esto permite mantener continuidad en el funcionamiento de la alarma y mejorar la flexibilidad del sistema para diferentes usuarios autorizados.

En caso de que un dispositivo desconocido intente conectarse al módulo Bluetooth, el acceso será rechazado debido a que el canal de comunicación se encuentra ocupado y limitado únicamente a dispositivos previamente autorizados. Esto incrementa la seguridad del sistema y evita conexiones no deseadas. El funcionamiento de la alarma depende parcialmente de la estabilidad de la señal Bluetooth. Si el usuario se aleja demasiado del vehículo o el celular pierde la conexión, el sistema interpreta esta situación como ausencia del propietario, activando la alarma y ejecutando el apagado preventivo del vehículo mediante el relé de control. Esta misma condición puede ocurrir si el teléfono móvil se apaga o presenta fallas de conectividad.

Como medida de seguridad adicional, el sistema incorpora un botón oculto de control manual instalado estratégicamente en el vehículo. Este botón permite activar o desactivar la alarma manualmente en caso de emergencia o ante cualquier inconveniente con el dispositivo móvil, evitando que el funcionamiento del sistema dependa completamente del teléfono celular.

Seguridad Eléctrica y Protección del Sistema

Durante el desarrollo del sistema se tuvieron en cuenta criterios básicos de seguridad eléctrica y funcionamiento automotriz, utilizando componentes compatibles con sistemas vehiculares de 12V, como relés automotrices y elementos de protección adecuados para el entorno de operación.

El sistema incorpora mecanismos de seguridad operativa, como temporizadores de apagado controlado y desactivación manual de respaldo, con el fin de evitar interrupciones bruscas durante la conducción. De igual manera, el circuito cuenta con un fusible aéreo de 10 amperios instalado en el ramal de alimentación principal, proporcionando protección ante posibles sobrecorrientes o cortocircuitos dentro del sistema eléctrico.

También se consideraron aspectos relacionados con la instalación interna del sistema, procurando reducir la exposición de los componentes electrónicos a manipulaciones externas, vibraciones y posibles fallos eléctricos presentes en el entorno automotriz. El diseño busca mantener una integración segura y estable con el sistema eléctrico del vehículo, garantizando un funcionamiento confiable durante su operación.

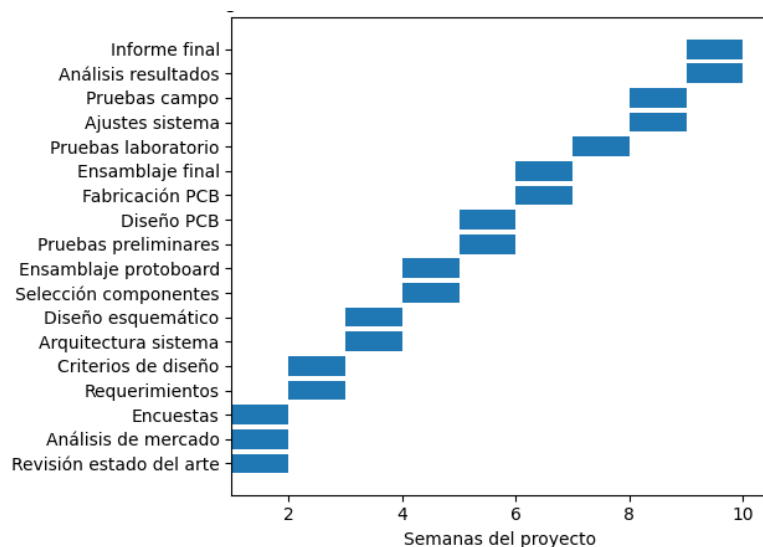
Evaluación General del Desempeño

El sistema demostró un comportamiento estable y coherente con los objetivos planteados. La implementación del control por proximidad permite la activación y desactivación automática del sistema, mejorando la seguridad del vehículo. Adicionalmente, el uso de histéresis en la lógica de control contribuye significativamente a la reducción de falsas activaciones, que es fundamental en sistemas de seguridad. Como resultado general, se obtuvo la validación experimental del prototipo en condiciones de laboratorio y campo, demostrando su funcionamiento correcto, estabilidad y aplicabilidad en escenarios reales. En este sentido, el sistema desarrollado es una alternativa tecnológica viable para la seguridad vehicular, especialmente en contextos donde se requieren soluciones de bajo costo y fácil implementación.

Diagrama de Gantt (Cronograma de Actividades)

Figura 30

Diagrama de Gantt del Desarrollo del Sistema de Alarma Vehicular



Nota. La figura presenta el diagrama de Gantt correspondiente a la planificación y ejecución de las actividades desarrolladas durante el diseño, construcción y validación del sistema de alarma vehicular. Elaboración propia.

Presupuesto

Para el desarrollo del presente proyecto fue necesaria la disponibilidad de recursos materiales, técnicos y financieros que permitieran garantizar la correcta ejecución de cada una de las fases metodológicas definidas: análisis de requerimientos, desarrollo del prototipo y pruebas de funcionamiento.

En este sentido, el presupuesto se orienta a cubrir los elementos indispensables para el diseño, construcción, implementación y validación del sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth, incluyendo componentes electrónicos, herramientas de ensamblaje, materiales de protección y recursos necesarios para la realización de pruebas en laboratorio y en campo. A continuación, se presenta el desglose de los recursos requeridos, junto con una

estimación de costos expresada en pesos colombianos (COP), con el fin de evidenciar la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Tabla 7

Recursos Necesarios para el Desarrollo del Sistema de Alarma Vehicular Mediante Tecnología Bluetooth

Recurso	Descripción	Presupuesto (COP)
Componentes electrónicos	Incluye microcontroladores, sensores, módulos Bluetooth, sirenas y luces LED.	\$200.000
Placa base y materiales de montaje	Placa de circuito impreso (PCB), cables, conectores y materiales para el ensamblaje del prototipo.	\$400.000
Software de programación	Herramientas de software para el desarrollo del código y pruebas de conectividad Bluetooth.	\$60.000
Herramientas de medición y prueba	Multímetro, osciloscopio y equipos para pruebas de laboratorio.	\$150.000
Dispositivos móviles para pruebas	Teléfonos inteligentes utilizados para pruebas de emparejamiento y validación del sistema.	\$600.000
Equipo humano	Honorarios de ingenieros electrónicos, desarrolladores de software y personal de pruebas, considerados como un aporte académico simbólico correspondiente a horas de dedicación parcial en el marco del desarrollo del prototipo.	\$300.000
Espacio para pruebas y taller	Alquiler de espacio para pruebas de laboratorio y validación del sistema.	\$200.000
Transporte y logística	Costos asociados al traslado de prototipos y componentes para pruebas en campo.	\$150.000
Informe final y documentación	Costos de redacción, impresión y encuadernación del informe final.	\$200.000
Contingencias	Fondo destinado a cubrir imprevistos durante el desarrollo del proyecto.	\$200.000

Total de los recursos necesarios: \$2.460.000 COP.

Nota. La tabla presenta los recursos técnicos, materiales, humanos y logísticos requeridos para el desarrollo del sistema de alarma vehicular mediante tecnología Bluetooth, junto con el presupuesto estimado para cada uno de ellos. Elaboración propia.

Resultados y Discusión

El presente proyecto aborda una problemática relevante en el contexto urbano colombiano: el hurto de vehículos, el cual continúa siendo uno de los delitos de mayor impacto en la seguridad ciudadana, según informes del Ministerio de Defensa Nacional (2023). Esta situación ha impulsado la búsqueda de soluciones tecnológicas accesibles que contribuyan a mejorar los mecanismos de protección vehicular, especialmente en el caso de motocicletas, que presentan mayor vulnerabilidad.

En este contexto, el sistema de alarma vehicular desarrollado se fundamenta en el uso de tecnología Bluetooth como mecanismo de autenticación por proximidad, lo cual representa una alternativa funcional frente a sistemas tradicionales. Es importante precisar que, aunque existen soluciones comerciales que incorporan Bluetooth, la propuesta se diferencia por su enfoque de bajo costo, simplicidad de implementación y autonomía operativa, sin depender de servicios externos como GPS o redes celulares.

Diversos estudios han señalado que los sistemas de seguridad vehicular basados en geolocalización, si bien son efectivos, implican costos adicionales asociados a suscripción, mantenimiento e instalación especializada (Hernández & Rojas, 2022). En contraste, el uso de Bluetooth permite aprovechar una tecnología ampliamente disponible en dispositivos móviles, reduciendo barreras de acceso y facilitando su adopción en contextos con limitaciones económicas.

Los resultados obtenidos durante las fases de laboratorio y pruebas en campo evidencian que el sistema presenta un comportamiento estable y confiable. En particular, se destaca un tiempo de respuesta inferior a un segundo y una tasa de éxito del 100% en los ensayos realizados, lo cual coincide con lo reportado en investigaciones sobre sistemas embebidos de

comunicación inalámbrica de corto alcance, donde se resalta la eficiencia del Bluetooth para aplicaciones de control en tiempo real (García et al., 2020).

Asimismo, el sistema incorpora un mecanismo de control basado en proximidad que permite la activación y desactivación automática del encendido del vehículo. Este tipo de automatización ha sido identificado como un factor clave en la disuasión del hurto, ya que incrementa la percepción de riesgo para el delincuente al introducir barreras tecnológicas adicionales (García, 2021). En este sentido, la integración de alarmas sonoras y visuales refuerza la visibilidad del sistema, contribuyendo a su efectividad preventiva.

No obstante, los resultados también evidencian limitaciones propias de la tecnología utilizada. El alcance del Bluetooth, que en este caso se situó entre 7,5 y 10 metros en condiciones reales, puede verse afectado por obstáculos físicos, interferencias electromagnéticas y condiciones ambientales. Esta restricción ha sido ampliamente documentada en la literatura, donde se reconoce que las tecnologías de corto alcance presentan variabilidad en su desempeño dependiendo del entorno (Kim y Lee, 2018).

A pesar de estas limitaciones, el sistema demostró una adecuada estabilidad operativa, sin fallas eléctricas ni comportamientos erráticos durante las pruebas realizadas. Además, la implementación de un margen de histéresis permitió evitar activaciones y desactivaciones constantes del sistema ante fluctuaciones de señal, lo cual constituye un aporte relevante en términos de diseño funcional.

Desde una perspectiva aplicada, el prototipo desarrollado presenta un alto potencial de escalabilidad y adaptación. Su bajo costo, facilidad de instalación y compatibilidad con distintos tipos de vehículos lo convierten en una alternativa viable para su implementación en contextos urbanos, especialmente en países en desarrollo. Asimismo, el proyecto aporta al fortalecimiento

de capacidades en el área de sistemas embebidos y electrónica aplicada, generando conocimiento transferible a futuras investigaciones.

Finalmente, se identifican oportunidades de mejora orientadas a la evolución del sistema. Entre ellas se destacan la integración con aplicaciones móviles dedicadas, el uso de tecnologías complementarias como GPS o redes IoT, y la implementación de sistemas híbridos de autenticación. Estas mejoras permitirían aumentar el nivel de seguridad, ampliar el rango de operación y optimizar la experiencia del usuario.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que el uso de tecnología Bluetooth constituye una alternativa viable, funcional y pertinente para el desarrollo de sistemas de seguridad vehicular de bajo costo, aportando una solución innovadora y adaptada a las necesidades del contexto colombiano.

Resultados o Productos Esperados

Los resultados del presente proyecto se orientan al desarrollo, validación y documentación de un sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth, diseñado para mejorar las condiciones de seguridad de vehículos mediante un mecanismo automático de autenticación por proximidad.

Como resultado principal, se obtuvo un prototipo funcional capaz de gestionar el encendido y apagado del vehículo en función de la cercanía de un dispositivo móvil autorizado, integrando módulos de comunicación, control y actuación electrónica. Este sistema demostró un desempeño estable tanto en condiciones de laboratorio como en entornos reales, evidenciando tiempos de respuesta rápidos, conectividad confiable y bajo consumo energético.

Adicionalmente, el proyecto generó documentación técnica detallada, incluyendo esquemáticos electrónicos, diseño de la PCB, procedimientos de ensamblaje y protocolos de

prueba, los cuales constituyen una base sólida para la replicación, mejora y escalabilidad del sistema.

Desde el ámbito académico, el desarrollo del prototipo aporta al fortalecimiento del conocimiento en áreas como sistemas embebidos, electrónica aplicada y seguridad vehicular, sirviendo como referencia para futuros proyectos de investigación e innovación tecnológica

Finalmente, se proyecta que la solución desarrollada contribuya a mejorar la percepción y condiciones reales de seguridad de los usuarios, al tiempo que abre oportunidades para su posible implementación comercial, dada su viabilidad técnica, bajo costo y facilidad de uso.

Tabla 8

Resultados o Productos Esperados del Proyecto

Resultado esperado	Descripción
Prototipo funcional	Sistema de alarma vehicular operativo con bloqueo automático del encendido mediante Bluetooth.
Validación técnica	Verificación del funcionamiento en laboratorio y campo, asegurando estabilidad y confiabilidad.
Documentación técnica	Desarrollo de esquemáticos, diseño de PCB, manuales y procedimientos de prueba.
Evaluación de desempeño	Medición de alcance, tiempo de respuesta, estabilidad y consumo energético.
Impacto académico	Generación de conocimiento en sistemas embebidos y seguridad vehicular.
Proyección tecnológica	Identificación de mejoras, escalabilidad e integración con nuevas tecnologías.

Nota. La tabla presenta los principales resultados o productos esperados del proyecto, describiendo los aportes técnicos, académicos y tecnológicos previstos con el desarrollo e implementación del sistema de alarma vehicular. Elaboración propia.

Conclusiones y Recomendaciones

El desarrollo del presente proyecto permitió el diseño e implementación de un prototipo de sistema de alarma vehicular basado en tecnología Bluetooth, orientado a la prevención del hurto de vehículos mediante un mecanismo de bloqueo automático por proximidad del dispositivo móvil autorizado. De esta manera, se dio cumplimiento al objetivo general, evidenciando la viabilidad técnica de la solución propuesta en el contexto urbano colombiano.

En relación con los objetivos específicos, el análisis de requerimientos permitió identificar necesidades clave del sistema como la autenticación por proximidad, el bajo consumo energético, la facilidad de instalación y la compatibilidad con dispositivos móviles de uso común, lo cual sirvió como base para el diseño del prototipo. Posteriormente, se logró implementar un sistema funcional compuesto por módulo Bluetooth, unidad de control y etapa de potencia, el cual demostró capacidad de emparejamiento con un dispositivo autorizado y ejecución automática del bloqueo del vehículo según la proximidad del usuario.

Así mismo, las pruebas de laboratorio y campo permitieron evaluar el desempeño del sistema bajo diferentes condiciones de operación, evidenciando un comportamiento estable, tiempos de respuesta inferiores a un segundo, un alcance efectivo entre 8 y 10 metros y una comunicación confiable sin fallos eléctricos ni comportamientos erráticos. Estos resultados confirman el cumplimiento del tercer objetivo específico y la funcionalidad del sistema en escenarios controlados y reales.

Desde el punto de vista técnico, la integración de componentes como el módulo Bluetooth YC1089, relés, transistores y elementos de señalización permitió desarrollar un sistema de bajo consumo energético, estable y funcional. El proceso iterativo de diseño, simulación, prototipado y validación contribuyó a la optimización del sistema y la corrección de

fallos durante su desarrollo. En términos sociales, el sistema propuesto representa una alternativa accesible y de bajo costo frente a soluciones tradicionales más complejas o costosas, contribuyendo al fortalecimiento de la seguridad vehicular mediante el uso de tecnologías de uso masivo como los dispositivos móviles.

Se recomienda continuar con el desarrollo del sistema incorporando tecnologías complementarias como GPS o módulos IoT, con el fin de ampliar su funcionalidad, mejorar la localización del vehículo y permitir el monitoreo en tiempo real. Así mismo, se sugiere optimizar el sistema de comunicación Bluetooth mediante el uso de versiones más recientes o módulos de mayor alcance, con el objetivo de mejorar la estabilidad de la conexión en entornos con interferencia o alta densidad de dispositivos.

Se recomienda implementar mecanismos adicionales de seguridad como autenticación múltiple o encriptación de la comunicación, con el fin de reducir posibles vulnerabilidades y evitar accesos no autorizados al sistema.

Desde el punto de vista del diseño electrónico, se sugiere la miniaturización del circuito mediante el uso de PCB optimizadas y componentes SMD, lo cual permitiría mejorar la robustez, facilitar la integración en diferentes tipos de vehículos y reducir el espacio físico requerido. También se recomienda realizar pruebas adicionales en distintos entornos urbanos y rurales, evaluando el comportamiento del sistema frente a variaciones de señal, temperatura e interferencias electromagnéticas.

Finalmente, se sugiere el desarrollo de una aplicación móvil complementaria que permita al usuario monitorear el estado del vehículo, recibir alertas en tiempo real y gestionar configuraciones del sistema de forma más intuitiva.

Referencias

- Abidi, M. H., Siddiquee, A. N., Alkhalefah, H., & Srivastava, V. (2024). Una revisión exhaustiva de los sistemas de navegación para personas con discapacidad visual. *Heliyon*, *10*(11), e31825. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31825>
- Ad Hoc Networks. (2016). *Performance evaluation of Bluetooth Low Energy for proximity-based systems*. Elsevier.
- Alcaldía de Popayán. (2025). *Reporte de hurtos: Enero de 2025*. Observatorio de Seguridad y Convivencia Ciudadana.
<https://www.popayan.gov.co/Observatorio/NuestraAlcaldia/InformesObservatorio/Reporte%20de%20hurtos%202025.pdf>
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *17*(4), 2347–2376.
<https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *17*(4), 2347–2376.
<https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Barajas Palacios, R., & Manrique Mariño, O. (2024). *Los sistemas de seguridad vehicular y su impacto en la siniestralidad vial en Bogotá* [Especialización en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Institucional UNIMINUTO.

- Corrales Bonilla, J. I., Romero Bedón, F. R., Pazuña Naranjo, W. P., & Karolys Cobo, J. A. (2024). Impacto de la implementación de sistemas de alarmas comunitarias con mando a distancia desarrolladas por la UTC La Maná en el cantón La Maná y sus zonas de influencia. *RECIMUNDO*, 8(Especial), 61–73.
[https://doi.org/10.26820/recimundo/8.\(especial\).octubre.2024.61-73](https://doi.org/10.26820/recimundo/8.(especial).octubre.2024.61-73)
- Cui, L., Xie, G., & Qu, Y. (2019). RSSI-based distance estimation in Bluetooth Low Energy networks. *Sensors*, 19(8), 1852. <https://doi.org/10.3390/s19081852>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2021). *Encuesta de convivencia y seguridad ciudadana*. DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/seguridad-y-defensa/encuesta-de-convivencia-y-seguridad-ciudadana-ecsc>
- Fiscalía General de la Nación. (2023). *Informe de gestión 2023: En la calle y en los territorios*. https://www.fiscalia.gov.co/colombia/wp-content/uploads/INFORME-DE-GESTION-2023_19_12_23.pdf
- Fiscalía General de la Nación. (2023). *Informe estadístico sobre hurto de automotores en Colombia*. https://www.fiscalia.gov.co/colombia/wp-content/uploads/INFORME-DE-GESTION-2023_19_12_23.pdf
- Fundación Aleatica. (3 de octubre de 2024). *¿Qué es la seguridad vehicular?*. <https://www.fundacionaleatica.org/que-es-seguridad-vehicular/>
- García, J. (2021). Análisis del impacto de los sistemas de seguridad electrónica en la reducción del hurto vehicular. *Revista de Seguridad Ciudadana*, 12(1), 22–34.
- García, L., Pérez, D., & Ramírez, J. (2020). Evaluación de módulos Bluetooth para aplicaciones de control remoto. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Electrónica*, 8(1), 15–27.

- Gómez, H., & Rojas, P. (2021). Aplicaciones móviles como mecanismos de autenticación en sistemas embebidos. *Ingeniería y Tecnología*, 18(3), 101–112.
- Guevara López, P., Mendiola Medellín, M. E., Venancio Sánchez, H., Ugarte Soto, H. G., & Jacobo Vázquez, L. J. (2024). Integración de un sistema remoto de seguridad para automóviles basado en una tarjeta microcontrolada y una aplicación Android. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8 (6), 1350-1365.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.14493
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores.
https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Hernández Vásquez, J. G., Díaz Casas, S., Hernández Olvera, G., & León Bañuelos, L. A. (2024). Implementación de microcontrolador Arduino en prácticas de electrónica digital como estrategia de aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 13488–13501. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13757
- Hernández, M., & López, A. (2019). Comunicaciones inalámbricas de corto alcance aplicadas a sistemas de seguridad. *Revista Tecnológica*, 14(2), 55–66.
- Hernández, M., & Rojas, L. (2022). Tecnologías inalámbricas y su impacto en la seguridad vehicular urbana. *Revista Latinoamericana de Ingeniería*, 10(2), 67–79.
- Kim, J., & Lee, S. (2018). IoT-based smart vehicle security system. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 14(6), 1–10. <https://doi.org/10.1177/1550147718781402>
- López, J., & García, M. (2020). Bluetooth Low Energy: características, ventajas y aplicaciones. *Revista de Telecomunicaciones*, 27(1), 33–44.

- Marmolejo-Corona, I. V., Bautista-Aguilar, F. A., Santiago-González, Y. F., & Serrano-Manzano, G. A. (2023). Seguridad en sistemas de autenticación: análisis de vulnerabilidades y estrategias de mitigación. *XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan*, *11*(22), 39–43. <https://doi.org/10.29057/xikua.v11i22.10802>
- Mendez-Freire, V. M., Sailema-Remache, L. S., & Muñoz-Vallejo, I. A. (2024). Diseño y construcción de un prototipo de sistema de bloqueo para vehículos convencionales tipo 1. *CIENCIAMATRIA*, *10*(2), 979–993. <https://doi.org/10.35381/cm.v10i2.1430>
- Ministerio de Defensa Nacional. (2023). *Reporte anual de seguridad ciudadana*.
- Montes, M. (31 de marzo de 2025). La evolución de la tecnología de rastreo satelital en la última década. *Localizamos*. <https://localizamos.co/la-evolucion-de-la-tecnologia-de-rastreo-satelital-en-la-ultima-decada/>
- Moreno, L., & Sánchez, P. (2021). Vulnerabilidades en sistemas tradicionales de alarma vehicular. *Revista Colombiana de Seguridad Electrónica*, *6*(1), 19–31.
- Narváz Pupiales, A. J., Urquiza-Aguilar, L. F., Paredes Paredes, M. C., & Tripp-Barba, C. (2023). Análisis del cumplimiento de Bluetooth 5 con los requisitos de IoT de la UIT. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, *11*(23), 28–41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10342338>
- Policía Nacional de Colombia. (2026). *Informe de Gestión Institucional Policía Nacional 2025*. <https://radio.policia.gov.co/sites/default/files/descargables/Informe%20de%20Gesti%C3%B3n%20Institucional%20Polic%C3%ADa%20Nacional%202025%20-%2030012026.pdf>
- Ramos-Sanchez, S., Lezama-Calvo, J., & Paucar-Curasma, R. (2025). Aprendizaje automático integrado de bajo consumo en microcontroladores: revisión bibliográfica sistemática.

AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería, 13(3), 1–10.

<https://doi.org/10.15649/2346030X.4183>

Rodríguez, F. (2021). Comparación de módulos Bluetooth para aplicaciones de control y monitoreo. *Ingeniería Electrónica Hoy*, 11(1), 41–52.

Staat, M., Schmitt, R., & Kargl, F. (2022). Relay and spoofing attacks in BLE-based access systems. *Computer Security*, 113, 102543. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102543>

Torrado, R. D., Solano Silva, D., Marin, E. J., Dajome, A. A., & Ortiz Moreno, A. H. (2025). *El internet de las cosas (IoT) una solución orientada a transformar la conectividad y eficiencia en los centros de imagenología de Colombia* [Proyecto de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/69470/dsolanos.pdf?sequence=2>

Apéndices

Apéndice A

Encuesta Aplicada a Usuarios de Motocicletas

ANEXO A. Encuesta aplicada a usuarios de motocicletas

Proyecto: Sistema de alarma vehicular con control por Bluetooth para motocicletas.

Objetivo: Identificar las necesidades de los usuarios respecto a la seguridad de motocicletas.

Instrucciones: Marque con una X la opción que considere correcta.

1. ¿Ha sido víctima de robo o intento de robo de su motocicleta?

Sí

No

2. ¿Considera necesario un sistema de alarma automática para motocicletas?

Sí

No

3. ¿Le gustaría que su motocicleta se bloquee automáticamente cuando usted se aleja?

Sí

No

4. ¿Prefiere un sistema que funcione sin llaves físicas, utilizando el celular?

Sí

No

5. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un sistema de alarma inteligente?

Menos de \$100.000 COP

Entre \$100.000 y \$300.000 COP

Más de \$300.000 COP

Firma del encuestado: Rafael Uke

Fecha: 14 febrero 2026

Consentimiento informado para el tratamiento de datos personales

Proyecto: Diseño e implementación de un sistema de alarma vehicular controlado mediante tecnología Bluetooth para motocicletas.

Responsable del proyecto: Oveimar Gómez (Estudiante de Ingeniería Electrónica)

Consentimiento informado

Yo, Rafael Ole, identificado(a) con cédula de ciudadanía número 1.027.229.046 autorizo de manera libre, previa, expresa e informada el tratamiento de la información suministrada en la encuesta realizada para el proyecto de grado titulado "Diseño e implementación de un sistema de alarma vehicular controlado mediante tecnología Bluetooth para motocicletas".

La información recolectada será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación, garantizando la confidencialidad y anonimato de los datos personales, conforme a lo establecido en la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre protección de datos personales en Colombia.

Declaro que he sido informado(a) sobre el propósito de la encuesta y que mi participación es voluntaria, pudiendo retirarme en cualquier momento sin ningún tipo de consecuencia.

Firma del participante: Rafael Ole

Nombre del participante: Rafael Ole

Fecha: 14 febrero 2026.

ANEXO A. Encuesta aplicada a usuarios de motocicletas

Proyecto: Sistema de alarma vehicular con control por Bluetooth para motocicletas.

Objetivo: Identificar las necesidades de los usuarios respecto a la seguridad de motocicletas.

Instrucciones: Marque con una X la opción que considere correcta.

1. ¿Ha sido víctima de robo o intento de robo de su motocicleta?

Sí

No

2. ¿Considera necesario un sistema de alarma automática para motocicletas?

Sí

No

3. ¿Le gustaría que su motocicleta se bloquee automáticamente cuando usted se aleja?

Sí

No

4. ¿Prefiere un sistema que funcione sin llaves físicas, utilizando el celular?

Sí

No

5. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un sistema de alarma inteligente?

Menos de \$100.000 COP

Entre \$100.000 y \$300.000 COP

Más de \$300.000 COP

Firma del encuestado: Francisco Javier

Fecha: 15 - febrero - 2026

Consentimiento informado para el tratamiento de datos personales

Proyecto: Diseño e implementación de un sistema de alarma vehicular controlado mediante tecnología Bluetooth para motocicletas.

Responsable del proyecto: Oveimar Gómez (Estudiante de Ingeniería Electrónica)

Consentimiento informado

Yo, Francisco, identificado(a) con cédula de ciudadanía número 10.299.022 autorizo de manera libre, previa, expresa e informada el tratamiento de la información suministrada en la encuesta realizada para el proyecto de grado titulado "Diseño e implementación de un sistema de alarma vehicular controlado mediante tecnología Bluetooth para motocicletas".

La información recolectada será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación, garantizando la confidencialidad y anonimato de los datos personales, conforme a lo establecido en la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre protección de datos personales en Colombia.

Declaro que he sido informado(a) sobre el propósito de la encuesta y que mi participación es voluntaria, pudiendo retirarme en cualquier momento sin ningún tipo de consecuencia.

Firma del participante: Francisco Javier

Nombre del participante: Francisco Javier

Fecha: 15 - Febrero - 2026

ANEXO A. Encuesta aplicada a usuarios de motocicletas

Proyecto: Sistema de alarma vehicular con control por Bluetooth para motocicletas.

Objetivo: Identificar las necesidades de los usuarios respecto a la seguridad de motocicletas.

Instrucciones: Marque con una X la opción que considere correcta.

1. ¿Ha sido víctima de robo o intento de robo de su motocicleta?

Sí

No

2. ¿Considera necesario un sistema de alarma automática para motocicletas?

Sí

No

3. ¿Le gustaría que su motocicleta se bloquee automáticamente cuando usted se aleja?

Sí

No

4. ¿Prefiere un sistema que funcione sin llaves físicas, utilizando el celular?

Sí

No

5. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un sistema de alarma inteligente?

Menos de \$100.000 COP

Entre \$100.000 y \$300.000 COP

Más de \$300.000 COP

Firma del encuestado: Nelson Gomez M

Fecha: 15 Febrero 2026

Consentimiento informado para el tratamiento de datos personales

Proyecto: Diseño e implementación de un sistema de alarma vehicular controlado mediante tecnología Bluetooth para motocicletas.

Responsable del proyecto: Oveimar Gómez (Estudiante de Ingeniería Electrónica)

Consentimiento informado

Yo, Nelson Gomez, identificado(a) con cédula de ciudadanía número 83.241.159 autorizo de manera libre, previa, expresa e informada el tratamiento de la información suministrada en la encuesta realizada para el proyecto de grado titulado "Diseño e implementación de un sistema de alarma vehicular controlado mediante tecnología Bluetooth para motocicletas".

La información recolectada será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación, garantizando la confidencialidad y anonimato de los datos personales, conforme a lo establecido en la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre protección de datos personales en Colombia.

Declaro que he sido informado(a) sobre el propósito de la encuesta y que mi participación es voluntaria, pudiendo retirarme en cualquier momento sin ningún tipo de consecuencia.

Firma del participante: Nelson Gomez

Nombre del participante: Nelson Gomez

Fecha: 15 febrero 2026

ANEXO A. Encuesta aplicada a usuarios de motocicletas

Proyecto: Sistema de alarma vehicular con control por Bluetooth para motocicletas.

Objetivo: Identificar las necesidades de los usuarios respecto a la seguridad de motocicletas.

Instrucciones: Marque con una X la opción que considere correcta.

1. ¿Ha sido víctima de robo o intento de robo de su motocicleta?

Sí

No

2. ¿Considera necesario un sistema de alarma automática para motocicletas?

Sí

No

3. ¿Le gustaría que su motocicleta se bloquee automáticamente cuando usted se aleja?

Sí

No

4. ¿Prefiere un sistema que funcione sin llaves físicas, utilizando el celular?

Sí

No

5. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un sistema de alarma inteligente?

Menos de \$100.000 COP

Entre \$100.000 y \$300.000 COP

Más de \$300.000 COP

Firma del encuestado: Yasmith Adriana Rojas

Fecha: 16 - febrero - 2026

Consentimiento informado para el tratamiento de datos personales

Proyecto: Diseño e implementación de un sistema de alarma vehicular controlado mediante tecnología Bluetooth para motocicletas.

Responsable del proyecto: Oveimar Gómez (Estudiante de Ingeniería Electrónica)

Consentimiento informado

Yo, Yasmith A., identificado(a) con cédula de ciudadanía número 55.212.512 autorizo de manera libre, previa, expresa e informada el tratamiento de la información suministrada en la encuesta realizada para el proyecto de grado titulado "Diseño e implementación de un sistema de alarma vehicular controlado mediante tecnología Bluetooth para motocicletas".

La información recolectada será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación, garantizando la confidencialidad y anonimato de los datos personales, conforme a lo establecido en la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre protección de datos personales en Colombia.

Declaro que he sido informado(a) sobre el propósito de la encuesta y que mi participación es voluntaria, pudiendo retirarme en cualquier momento sin ningún tipo de consecuencia.

Firma del participante: Yasmith Adriano Rojas

Nombre del participante: Yasmith Adriano Rojas E.

Fecha: 16 - febrero - 2026

ANEXO A. Encuesta aplicada a usuarios de motocicletas

Proyecto: Sistema de alarma vehicular con control por Bluetooth para motocicletas.

Objetivo: Identificar las necesidades de los usuarios respecto a la seguridad de motocicletas.

Instrucciones: Marque con una X la opción que considere correcta.

1. ¿Ha sido víctima de robo o intento de robo de su motocicleta?

Sí

No

2. ¿Considera necesario un sistema de alarma automática para motocicletas?

Sí

No

3. ¿Le gustaría que su motocicleta se bloquee automáticamente cuando usted se aleja?

Sí

No

4. ¿Prefiere un sistema que funcione sin llaves físicas, utilizando el celular?

Sí

No

5. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un sistema de alarma inteligente?

Menos de \$100.000 COP

Entre \$100.000 y \$300.000 COP

Más de \$300.000 COP

Firma del encuestado: HERNES A VALENIA

Fecha: 15 - FEBRERO 2026

Consentimiento informado para el tratamiento de datos personales

Proyecto: Diseño e implementación de un sistema de alarma vehicular controlado mediante tecnología Bluetooth para motocicletas.

Responsable del proyecto: Oveimar Gómez (Estudiante de Ingeniería Electrónica)

Consentimiento informado

Yo, HERMEZ V identificado(a) con cédula de ciudadanía número 76318569 autorizo de manera libre, previa, expresa e informada el tratamiento de la información suministrada en la encuesta realizada para el proyecto de grado titulado "Diseño e implementación de un sistema de alarma vehicular controlado mediante tecnología Bluetooth para motocicletas".

La información recolectada será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación, garantizando la confidencialidad y anonimato de los datos personales, conforme a lo establecido en la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre protección de datos personales en Colombia.

Declaro que he sido informado(a) sobre el propósito de la encuesta y que mi participación es voluntaria, pudiendo retirarme en cualquier momento sin ningún tipo de consecuencia.

Firma del participante: HERMES A VALENCIA

Nombre del participante: HERMES ALEXANDER VALENCIA

Fecha: 15 FEBRERO 2026